



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 01 999 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
H 01 L 29/872
H 01 L 21/329

⑳ Aktenzeichen: 198 01 999.8
㉔ Anmeldetag: 20. 1. 98
㉕ Offenlegungstag: 24. 12. 98

DE 198 01 999 A 1

③0 Unionspriorität:
9-161042 18. 06. 97 JP
⑦1 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Prüfer und Kollegen, 81545 München

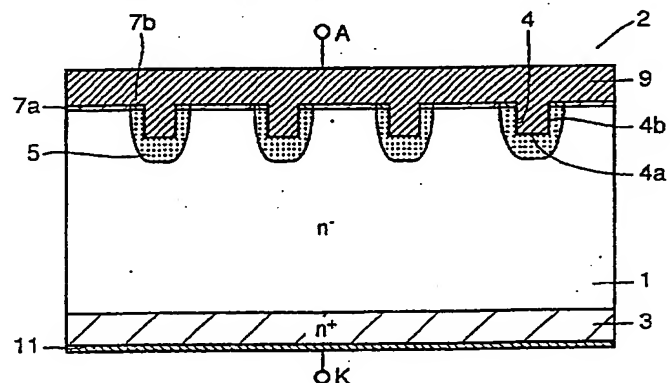
⑦2 Erfinder:
Harada, Masana, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Halbleitereinrichtung und Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung

⑤7 Es sind eine Mehrzahl von p-Anodenbereichen (5) an einer Oberfläche eines n-Substrates (1) gebildet. Es ist ein Graben (4) in jedem p-Anodenbereich (5) gebildet. Es ist ein ohmscher Übergangsbereich (7b) zwischen einer metallischen Anodenelektrode (9) und dem p-Anodenbereich (5) gebildet. Der p-Anodenbereich (5) weist eine minimale Dotierungskonzentration an einem Abschnitt nahe dem ohmschen Übergangsbereich (7b) auf, die den ohmschen Kontakt ermöglicht. Eine metallische Kathodenelektrode (11) ist auf der anderen Oberfläche des n-Substrates (1) mit einem dazwischen vorgesehenen n⁺-Kathodenbereich (3) gebildet. Folglich kann eine Halbleitereinrichtung, die eine verbesserte Spannungsfestigkeit aufweist und in der ein umgekehrter Wiederherstellungsstrom reduziert ist, erhalten werden.



DE 198 01 999 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleitereinrichtung und ein Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung.

Sie betrifft speziell eine Halbleitereinrichtung, die eine größere Spannungsfestigkeit aufweist und bei der der umgekehrte Wiederherstellungsstrom reduziert ist, und ein Herstellungsverfahren einer solchen Halbleitereinrichtung.

Eine Halbleitereinrichtung, wie z. B. ein IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate), wird bei verschiedenen Inverter- bzw. Wechselrichterschaltungen als Schaltelement verwendet. Zum Freigeben einer in dem Schaltvorgang in einer induktiven Last gespeicherten Energie und zum Verwenden von ihr als Kreisstrom ist eine Diode entgegengesetzt parallel mit einer Haupthalbleitereinrichtung verbunden. Eine solche Diode wird speziell als eine Freilaufdiode bezeichnet.

Es werden überschüssige Ladungsträger in einer Diode in dem Vorwärtvorspannungszustand, d. h. in dem EIN-Zustand, gespeichert. Die gespeicherten überschüssigen Ladungsträger werden bei dem Vorgang zu dem AUS-Zustand, d. h. dem Rückwärtvorspannungszustand, freigegeben. Zu dieser Zeit fließt ein Strom in einer zu der Vorwärtsrichtung der Diode entgegengesetzten Richtung.

Dieser Strom wird speziell als umgekehrter Wiederherstellungsstrom bezeichnet, der in die Halbleitereinrichtung fließt, wie z. B. der IGBT, was zu einem Verlust führt. Die überschüssigen Ladungsträger, die den umgekehrten Wiederherstellungsstrom bilden, sind in diesem Fall Minoritätsladungsträger oder Löcher.

Eine Diode, in der Minoritätsladungsträger nicht gespeichert werden, ist die Schottky-Diode. Eine Beschreibung der Schottky-Diode wird im folgenden mit Bezug zu den Figuren angegeben. Wie in Fig. 54 gezeigt ist, ist ein Siliziumoxidfilm 107 an einer Oberfläche eines n-Substrats 101 gebildet. Eine metallische Anodenelektrode 105 ist weiter über einem Schottky-Übergangsbereich 104 gebildet. An der anderen Oberfläche des n-Substrats 101 ist eine metallische Kathodenelektrode 106 über einem n⁺-Kathodenbereich 102 gebildet.

Bei dieser Struktur wird der meiste Strom, der durch den Schottky-Übergangsbereich 104 fließt, durch die Majoritätsladungsträger gebildet. Daher werden keine Minoritätsladungsträger in dem n-Substrat 101 gespeichert und der umgekehrte Wiederherstellungsstrom ist gering. Als Ergebnis ist ein Schalten mit hoher Geschwindigkeit möglich. Die Spannungsfestigkeit in dem Rückwärtvorspannungszustand hängt jedoch von dem Schottky-Übergangsbereich 104 ab. Die Spannungsfestigkeit beträgt höchstens ungefähr 100 V und eine Verbesserung der Spannungsfestigkeit ist unmöglich.

Zum Verbessern der Spannungsfestigkeit wurde eine Struktur verwendet, bei der ein pn-Übergang um den Schottky-Übergangsbereich vorgesehen ist, eine Verarmungsschicht verwendet wird, die sich von dem pn-Übergang in dem Rückwärtvorspannungszustand erstreckt, und die Spannungsfestigkeit wird erhalten. Eine erste der Anmelderin bekannte Diode, die eine solche Struktur aufweist, wird mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Wie in Fig. 55 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von p-Anodenbereichen 103 an einer Oberfläche des n-Substrats 101 gebildet. An der einen Oberfläche des n-Substrats 101, das die p-Anodenbereiche 103 aufweist, ist eine metallische Anodenelektrode 105 gebildet. Der Schottky-Übergangsbereich 104 ist zwischen der metallischen Anodenelektrode 105 und dem n-Substrat 101 gebildet. An der anderen Oberfläche des n-Substrats 101 ist eine metallische Kathodenelektrode 106

über einem n⁺-Kathodenbereich 102 gebildet.

Bei dieser Diode erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen den p-Anodenbereichen 103 und dem n-Substrat 101 zu dem n-Substrat, speziell in dem Rückwärtvorspannungszustand. In der Nähe des Schottky-Übergangsbereiches 104 sind die Verarmungsschichten, die sich von den Übergangsbereichen zwischen den benachbarten p-Anodenbereichen 103 und dem n-Substrat 101 erstrecken, miteinander verbunden, wodurch das elektrische Feld verringert wird. Als Ergebnis ist die Spannungsfestigkeit in dem Rückwärtvorspannungszustand verglichen mit der Schottky-Diode verbessert.

Eine zweite der Anmelderin bekannte Diode wird mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Wie in Fig. 56 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von p-Anodenbereichen 103 an einer Oberfläche des n-Substrats 101 gebildet. In Bereichen zwischen den entsprechenden p-Anodenbereichen 103 ist ein p-Bereich 108 gebildet. Auf den p-Anodenbereichen und dem p-Bereich 108 ist eine metallische Anodenelektrode 105 vorgesehen. Auf der anderen Oberfläche des n-Substrats ist über einem n⁺-Kathodenbereich 102 eine metallische Kathodenelektrode 106 gebildet.

Bei dieser Diode erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Anodenbereich 103 und dem n-Substrat 101 zu dem n-Substrat 101 und eine Verarmungsschicht erstreckt sich weiter von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Bereich 108 und dem n-Substrat 101 zu dem n-Substrat 101, speziell in dem Rückwärtvorspannungszustand. Als Ergebnis ist die Spannungsfestigkeit verglichen mit der in Fig. 55 gezeigten Diode weiter verbessert.

Eine dritte der Anmelderin bekannte Diode, die in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 4-321 274 beschrieben ist, wird mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Wie in Fig. 57 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von konkaven Abschnitten 206 an einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats 201 eines Leitungstypes gebildet. Ein Halbleiterbereich 204 eines entgegengesetzten Leitungstypes ist entlang einer inneren Oberfläche von jedem konkaven Abschnitt 206 gebildet. Ein Elektrodenmetall 205 ist auf dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstypes einschließlich der Oberfläche des konkaven Abschnittes 206 gebildet. An der entgegengesetzten Seite des Halbleitersubstrats 201 des einen Leitungstypes ist ein ohmsches Elektrodenmetall 203 über einem Halbleiter 202 des einen Leitungstypes mit niedrigem Widerstand gebildet. Das Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstypes und das eine Elektrodenmetall 205 bilden den Schottky-Grenzübergang.

Bei dieser Diode erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem Halbleiterbereich 204 des entgegengesetzten Leitungstyps und dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps zu dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps in dem Rückwärtvorspannungszustand. Zu dieser Zeit liegt der Abschnitt benachbart zu der Übergangsstelle zwischen dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps und dem einen Elektrodenmetall 205 zwischen den Verarmungsschichten. Folglich wird das elektrische Feld in einem Abschnitt benachbart zu dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps und dem einen Elektrodenmetall 205 verringert und die Spannungsfestigkeit wird verbessert.

Als nächstes wird eine vierte der Anmelderin bekannte Diode beschrieben, die in US 4 982 260 beschrieben ist. Wie in Fig. 58 gezeigt ist, ist auf einer Oberfläche einer ersten Halbleitersubstratschicht 502 eine zweite Halbleiterschicht 506 gebildet. An einer Hauptoberfläche 508 der zweiten Halbleiterschicht 506 sind eine Mehrzahl von Gräben 512A-512F gebildet. Es sind p⁺-Bereiche 510A-510D

sowie MESA-Bereiche 514A-514C abwechselnd zwischen benachbarten Gräben vorgesehen. Die Tiefe der p⁺-Bereiche 510A-510D ist im wesentlichen identisch zu der der Gräben 512A-512F. Es sind Oxidschichten 522A-522F jeweils an jeweiligen inneren Oberflächen der Gräben 512A-512F gebildet. Eine metallische Anode 518 ist auf der Hauptoberfläche 508 der zweiten Halbleiterschicht 506 gebildet. Es sind Schottky-Grenzbereiche 550A-550C zwischen der metallischen Anode 518 und der zweiten Halbleiterschicht 506 gebildet. Es ist eine Kathode 504 auf der anderen Oberfläche der ersten Halbleitersubstratschicht 502 gebildet.

Bei dieser Diode erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen den p⁺-Bereichen 510A-510D und der zweiten Halbleiterschicht 506 zu der zweiten Halbleiterschicht 506 in dem Rückwärtvorspannungszustand. Die Verarmungsschicht, die sich von jeder Übergangsstelle erstreckt, ist mit benachbarten Verarmungsschichten verbunden und die Spannungsfestigkeit der Diode ist verbessert.

Als eine fünfte der Anmelderin bekannte Diode wird eine Diode beschrieben, die in US 4 982 260 beschrieben ist. Wie in Fig. 59 gezeigt ist, ist auf einer Oberfläche einer ersten Halbleitersubstratschicht 702 eine zweite Halbleiterschicht 706 gebildet. Es sind eine Mehrzahl von Gräben 710A-710F an einer Hauptoberfläche an der zweiten Halbleiterschicht 706 vorgesehen. An den Böden der entsprechenden Gräben 710A-710F sind p⁺-Bereiche 720A-720F vorgesehen. Die Gräben 710A-710F weisen an ihren Seitenoberflächen gebildete Oxidschichten 722A-722J auf. Auf der Hauptoberfläche der Halbleiterschicht 706 ist eine metallische Anode 716 gebildet. Auf der anderen Oberfläche der ersten Halbleitersubstratschicht 702 ist eine Kathode 704 gebildet.

Bei dieser Diode erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen den p⁺-Bereichen 720A-720F und der zweiten Halbleiterschicht 706 zu der zweiten Halbleiterschicht 706. Jede Verarmungsschicht ist mit benachbarten Verarmungsschichten verbunden und erstreckt sich in einen noch tieferen Bereich in der zweiten Halbleiterschicht 706. Als Ergebnis ist die Spannungsfestigkeit der Diode weiter verbessert.

Schwierigkeiten bei den der Anmelderin bekannten Dioden werden im folgenden beschrieben.

Bei der in Fig. 55 gezeigten Diode, die als die erste der Anmelderin bekannte beschrieben wurde, werden Löcher als Minoritätsladungsträger von dem p-Anodenbereich 103 zu dem n-Substrat 101 in dem Vorwärtvorspannungszustand injiziert. Zu dieser Zeit weist der p-Anodenbereich 103 eine relativ große Anzahl von Dotierungen auf, so daß noch mehr Löcher in das n-Substrat 101 injiziert werden und darin gespeichert werden. Daher steigt der umgekehrte Wiederherstellungsstrom bei dem Vorgang des Übergangs von dem Vorwärtvorspannungszustand zu dem Zustand ohne Vorspannung an.

Bei der in Fig. 56 gezeigten Diode, die als die zweite der Anmelderin bekannte beschrieben wurde, weist der p-Anodenbereich 103 eine relativ große Konzentration auf, so daß noch mehr Löcher von dem p-Bereich 103 in das n-Substrat 101 in dem Vorwärtvorspannungszustand injiziert werden. Als Ergebnis steigt der umgekehrte Wiederherstellungsstrom an.

Wenn das Potential zwischen der metallischen Anode 105 und der Kathode 106 in dem Rückwärtvorspannungszustand größer wird, erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Bereich 108 und dem n-Substrat 101 zu dem n-Substrat 101 und die Verarmungsschicht erstreckt sich weiter zu dem p-Bereich 108. Wenn der Rand der Verarmungsschicht in Kontakt mit

der metallischen Anodenelektrode 105 ist, kann der dielektrische Durchbruch auftreten.

Bei der in Fig. 57 gezeigten Diode, die als die dritte der Anmelderin bekannte beschrieben wurde, wird, nachdem der konkave Abschnitt 206 an dem Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps gebildet ist, der Halbleiterbereich 204 des entgegengesetzten Leitungstyps entlang der inneren Oberfläche des konkaven Abschnittes 206 gebildet. Daher ist die Dotierungskonzentration in dem gesamten Halbleiterbereich 204 des entgegengesetzten Leitungstyps relativ hoch. Als Ergebnis werden noch mehr Löcher von dem Halbleiterbereich 204 des entgegengesetzten Leitungstyps in das Halbleitersubstrat 201 des einen Leitungstyps in dem Vorwärtvorspannungszustand injiziert. Als Ergebnis steigt der umgekehrte Wiederherstellungsstrom an.

Bei der in Fig. 58 gezeigten Diode, die als vierte der Anmelderin bekannte beschrieben wurde, ist die Dotierungskonzentration in den gebildeten p⁺-Bereichen 510A-510D relativ hoch. Es werden noch mehr Löcher von den p⁺-Bereichen in die zweite Halbleiterschicht in dem Vorwärtvorspannungszustand injiziert. Als Ergebnis steigt der umgekehrte Wiederherstellungsstrom an.

Bei der in Fig. 59 gezeigten Diode, die als fünfte der Anmelderin bekannte beschrieben wurde, ist die Dotierungskonzentration in den gebildeten p⁺-Bereichen 720A-720F relativ hoch und der umgekehrte Wiederherstellungsstrom steigt ebenfalls an.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Halbleitereinrichtung, die eine verbesserte Spannungsfestigkeit aufweist und bei der ein umgekehrter Wiederherstellungsstrom reduziert ist, und ein Herstellungsverfahren einer solchen Halbleitereinrichtung vorzusehen.

Die Aufgabe wird durch die Halbleitereinrichtung des Anspruches 1 oder 5 oder durch das Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung des Anspruches 11 gelöst.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Eine Halbleitereinrichtung entsprechend einem ersten Aspekt weist ein Halbleitersubstrat eines ersten Leitungstyps, eine Mehrzahl von Grabenabschnitten, eine Mehrzahl von Dotierungsbereichen eines zweiten Leitungstyps und eine erste Elektrodenschicht auf. Die Mehrzahl von Grabenabschnitten sind selektiv an einer ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildet. Die Mehrzahl von Dotierungsbereichen des zweiten Leitungstyps sind in Kontakt mit zumindest den Bodenoberflächen der entsprechenden Grabenabschnitte gebildet und sind tiefer gebildet als die entsprechenden Grabenabschnitte. Die erste Elektrodenschicht ist auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildet. Die erste Elektrodenschicht und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates bilden eine Schottky-Übergang an der ersten Hauptoberfläche. Die erste Elektrodenschicht ist in ohmschen Kontakt mit dem Dotierungsbereich an einer vorbestimmten Übergangsoberfläche. Jeder Dotierungsbereich weist eine minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht ermöglicht, an einem Abschnitt nahe der vorbestimmten Übergangsoberfläche und eine Dotierungskonzentration, die noch niedriger ist als die minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt ermöglicht, an einem Abschnitt, der ein anderer Abschnitt ist als der Abschnitt nahe an der vorbestimmten Übergangsoberfläche, auf.

Bei dieser Struktur werden Minoritätsladungsträger von dem Dotierungsbereich in ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtvorspannungszustand, bei dem ein vorbestimmtes Potential an die erste Elektrodenschicht bzw. das Halbleiter-

substrat angelegt ist, injiziert.

Eine Menge der injizierten Minoritätsladungsträger hängt von der Dotierungskonzentration in dem Dotierungsbereich ab. In diesem Fall weist der Dotierungsbereich eine minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt mit der Elektroden-schicht an einem Abschnitt benachbart zu einer vorbestimmten Oberfläche ermöglicht, und eine Dotierungskonzentration, die noch niedriger ist als die minimale Dotierungskonzentration, an dem anderen Abschnitt auf. Folglich ist eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat injiziert sind und darin gespeichert sind, reduziert. Als Ergebnis ist der umgekehrte Wiederherstellungsstrom, der in die Halbleitereinrichtung in Rückwärtsvorspannungsrichtung in dem Vorgang des Übergangs von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Rückwärtsvorspannungszustand fließt, reduziert.

Eine Verarmungsschicht erstreckt sich von einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat in dem Rückwärtsvorspannungszustand, in dem ein anderes vorbestimmtes Potential an die erste Elektroden-schicht bzw. das Halbleitersubstrat angelegt ist. Zu dieser Zeit wird in einem Bereich benachbart zu dem Schottky-Übergang das elektrische Feld verringert, da die Verarmungsschichten, die sich von benachbarten Dotierungsbereichen erstrecken, miteinander verbunden sind. Die Verarmungsschicht erstreckt sich tiefer in das Halbleitersubstrat, da jeder Dotierungsbereich tiefer als der Grabenbereich gebildet ist. Daher wird der Abstand von der ersten Elektroden-schicht zu dem Rand der Verarmungsschicht erhöht. Die Spannungsfestigkeit eines Halbleitersubstrats in dem Rückwärtsvorspannungszustand wird somit verbessert.

Bevorzugt ist jeder Dotierungsbereich derart gebildet, daß er in Kontakt mit beiden Seiten des Grabenabschnittes sowie mit der ersten Hauptoberfläche in der Nähe von beiden Seiten ist. Eine vorbestimmte Übergangsoberfläche ist zumindest an der ersten Hauptoberfläche des Dotierungsbereiches angeordnet.

In diesem Fall weist jeder Dotierungsbereich einen darin gebildeten Grabenabschnitt auf, so daß der Dotierungsbereich im wesentlichen an einem Abschnitt nahe des Überganges mit dem Halbleitersubstrat angeordnet ist. Eine Dotierungskonzentration des Dotierungsbereiches, der an dem Halbleitersubstrat gebildet ist, verringert sich langsam von dem Abschnitt nahe des Mittelpunkts der ersten Hauptoberfläche des Dotierungsbereiches zu einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich und dem Halbleitersubstrat. Ein Abschnitt mit einer relativ hohen Dotierungskonzentration wird durch Bilden des Grabenabschnittes in dem Dotierungsbereich entfernt. Eine Dotierungskonzentration eines Abschnittes, der im wesentlichen als ein Dotierungsbereich zurückbleibt, ist relativ gering. Daher wird die Menge der von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat injizierten und darin gespeicherten Minoritätsladungsträger in dem Vorwärtsvorspannungszustand weiter reduziert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom weiter reduziert.

Bevorzugt ist der Isolator in jedem Grabenabschnitt eingebettet.

In diesem Fall ist die erste Elektroden-schicht in ohmschen Kontakt mit dem Dotierungsbereich nur an der ersten Hauptoberfläche. Die Fläche des ohmschen Kontaktes zwischen der ersten Elektroden-schicht und dem Dotierungsbereich ist reduziert. Eine Menge der injizierten Minoritätsladungsträger von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat und der darin gespeicherten Minoritätsladungsträger in dem Vorwärtsvorspannungszustand ist weiter redu-

ziert. Als Ergebnis ist eine weitere Reduzierung des umgekehrten Wiederherstellungsstromes erreicht.

Weiterhin ist bevorzugt eine Isolierschicht vorgesehen, die an Oberflächen von beiden Seiten des Grabenabschnittes vorgesehen ist. Jeder Dotierungsbereich ist derart gebildet, daß er in Kontakt mit nur einem Abschnitt nahe einer Bodenoberfläche von jedem Grabenabschnitt ist, und eine vorbestimmte Übergangsoberfläche ist an einem Bodenabschnitt von jedem Grabenabschnitt angeordnet.

In diesem Fall ist der Dotierungsbereich innerhalb des Halbleitersubstrates derart gebildet, daß er nur in Kontakt mit einem Abschnitt nahe der Bodenoberfläche des Grabenabschnittes ist. In anderen Worten ist der Dotierungsbereich an einer Position gebildet, die von der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates einen Abstand aufweist. Eine Verarmungsschicht erstreckt sich von einer Übergangsstelle des Dotierungsbereiches und des Halbleitersubstrates zu dem Halbleitersubstrat zu einer noch tieferen Position in dem Rückwärtsvorspannungszustand. Das elektrische Feld eines Abschnittes nahe dem Schottky-Übergang wird weiter verringert. Als Ergebnis wird die Spannungsfestigkeit der Halbleitereinrichtung in dem Rückwärtsvorspannungszustand verbessert.

Eine Halbleitereinrichtung entsprechend dem zweiten Aspekt weist ein Halbleitersubstrat eines ersten Leitungstyps, eine Mehrzahl von Grabenabschnitten, einen Leiter, einen Dotierungsbereich eines zweiten Leitungstyps und eine erste Elektroden-schicht auf. Die Mehrzahl von Grabenabschnitten sind selektiv an einer ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildet. Der Leiter ist in jedem Grabenabschnitt mit einer ersten Isolierschicht dazwischen vorgesehen. Der Dotierungsbereich des zweiten Leitungstyps ist an einem Abschnitt zwischen entsprechenden Grabenabschnitten der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates in Kontakt mit zumindest einer der gegenüberliegenden Seiten von benachbarten Grabenabschnitten gebildet und weist eine tiefere Tiefe als die der Grabenabschnitte auf. Die erste Elektroden-schicht ist auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates gebildet. Die erste Elektroden-schicht ist in ohmschen Kontakt mit jedem Dotierungsbereich an der ersten Hauptoberfläche und jeder Dotierungsbereich weist eine minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektroden-schicht an einem Abschnitt nahe der ersten Hauptoberfläche ermöglicht, auf und weist eine Dotierungskonzentration, die noch niedriger ist als die minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt ermöglicht, an einem anderen Abschnitt als den nahe der ersten Hauptoberfläche, auf.

In dieser Struktur werden Minoritätsladungsträger von dem Dotierungsbereich in ohmschen Kontakt mit der ersten Elektroden-schicht in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtsvorspannungszustand, in dem ein vorbestimmtes Potential an die erste Elektroden-schicht bzw. das Halbleitersubstrat angelegt wird, injiziert.

Eine Menge der injizierten Minoritätsladungsträger hängt von der Dotierungskonzentration des Dotierungsbereiches ab. In diesem Fall weist der Dotierungsbereich die minimale Dotierungskonzentration auf, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektroden-schicht an der ersten Hauptoberfläche ermöglicht, und weist eine Dotierungskonzentration, die noch niedriger ist als die minimale Dotierungskonzentration, an dem anderen Abschnitt auf. Folglich wird eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat injiziert sind und darin gespeichert sind, dotiert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom, der in die Halbleitereinrichtung in der Rückwärtsvorspannungsrichtung bei dem Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem

Rückwärtsvorspannungszustand fließt, reduziert.

Eine Verarmungsschicht erstreckt sich von einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat in dem Rückwärtsvorspannungszustand, in dem das andere vorbestimmte Potential an die erste Elektroden-schicht bzw./und das Halbleitersubstrat angelegt ist. Da die Dotierungskonzentration eine größere Tiefe aufweist als der Grabenabschnitt erstreckt sich die Verarmungsschicht weiter zu der ersten Hauptoberfläche an einer Position nahe dem Bereich, bei dem der Übergang und die Seite des Grabenabschnittes in Kontakt sind. Folglich erstreckt sich die Verarmungsschicht an einem Abschnitt benachbart zu beiden Seiten des Grabenabschnittes und die Spannungsfestigkeit der Halbleitereinrichtung in dem Rückwärtsvorspannungszustand wird verbessert.

Bevorzugt ist der Dotierungsbereich derart gebildet, daß er in Kontakt mit gegenüberliegenden Seiten von benachbarten Grabenabschnitten ist, und die erste Elektroden-schicht und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates bilden den Schottky-Übergang an der ersten Hauptoberfläche.

In diesem Fall wird ein Bereich, in dem der Dotierungsbereich gebildet ist, reduziert. Eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtsvorspannungszustand injiziert sind und darin gespeichert sind, wird weiter reduziert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom, der in die Halbleitereinrichtung in der Rückwärtsvorspannungsrichtung beim Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Rückwärtsvorspannungszustand fließt, reduziert.

Bevorzugt ist jeder Dotierungsbereich an beiden Seiten von jedem Graben derart gebildet, daß er in Kontakt mit einer Seite von jedem Grabenabschnitt ist. Die erste Elektroden-schicht und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates bilden den Schottky-Übergang an der ersten Hauptoberfläche.

In diesem Fall ist ein Dotierungsbereich, der derart gebildet ist, daß er in Kontakt mit der Seite von jedem Grabenabschnitt ist, in einem Bereich angeordnet, der zwischen den entsprechenden Grabenabschnitten liegt. Der erste Leitungstypbereich des Halbleitersubstrates, der zwischen den Dotierungsbereichen liegt, und die erste Elektroden-schicht bilden den Schottky-Übergang und daher wird ein Bereich, in dem der Dotierungsbereich gebildet ist, weiter reduziert. Als Ergebnis wird die Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtsvorspannungszustand injiziert sind und darin gespeichert sind, weiter reduziert.

Eine Verarmungsschicht erstreckt sich von einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich, der zwischen den entsprechenden Grabenabschnitten angeordnet ist, und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat in dem Rückwärtsvorspannungszustand. Eine Verarmungsschicht, die sich von dem Abschnitt zwischen den entsprechenden Grabenabschnitten erstreckt, ist leicht mit einer benachbarten Verarmungsschicht verbunden.

Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom, der in der Halbleitereinrichtung in der Rückwärtsvorspannungsrichtung beim Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Rückwärtsvorspannungszustand fließt, reduziert. Weiterhin wird die Spannungsfestigkeit der Halbleitereinrichtung in dem Rückwärtsvorspannungszustand verbessert.

Eine zweite Isolierschicht, die auf jedem Leiter gebildet ist und die erste Elektroden-schicht von jedem Leiter trennt, und ein Elektrodenabschnitt, der elektrisch mit jedem Leiter verbunden ist, sind bevorzugt vorgesehen.

In diesem Fall wird eine Spannung von zumindest einer vorbestimmten Schwellenspannung an den Elektrodenabschnitt angelegt. Zu dieser Zeit wird der Leitungstyp des Dotierungsbereiches nahe der zweiten Isolierschicht von jedem Grabenabschnitt umgekehrt und ein Kanalbereich wird gebildet. Zu der gleichen Zeit, zu der Minoritätsladungsträger von dem Dotierungsbereich zu dem Halbleitersubstrat injiziert werden, erreichen Ladungsträger eines entgegengesetzten Leitungstyps zu dem der Minoritätsladungsträger die erste Elektroden-schicht durch den Kanalbereich. Die Ladungsträger des entgegengesetzten Leitungstyps, die die erste Elektroden-schicht wieder erreichen, werden mit den Minoritätsladungsträgern in dem Dotierungsbereich gekoppelt und verschwinden. Folglich wird eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat injiziert sind und darin gespeichert sind, reduziert. Die Reduzierung des umgekehrten Wiederherstellungsstromes, der in der Halbleitereinrichtung in der Rückwärtsvorspannungsrichtung beim Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Rückwärtsvorspannungszustand fließt, wird erreicht.

Eine Spannung einer vorbestimmten Schwellenspannung oder weniger wird in dem Rückwärtsvorspannungszustand angelegt. Der absolute Wert der Spannung ist ungefähr gleich zu dem der Spannung, die in dem Vorwärtsvorspannungszustand angelegt ist. Zu dieser Zeit erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einem Übergang zwischen der zweiten Isolierschicht von jedem Grabenabschnitt und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat. Eine Verarmungsschicht erstreckt sich weiterhin von einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat. Diese Verarmungsschichten sind leicht mit benachbarten Verarmungsschichten verbunden. Als Ergebnis wird die Spannungsfestigkeit der Halbleitereinrichtung in dem Rückwärtsvorspannungszustand verbessert.

Bevorzugt ist der Dotierungsbereich derart gebildet, daß er in Kontakt mit gegenüberliegenden Seiten von benachbarten Grabenabschnitten ist und weist eine zweite Isolierschicht, die auf jedem Leiter gebildet ist und die erste Elektroden-schicht von jedem Leiter isoliert, und einen Elektrodenabschnitt, der mit jedem Leiter elektrisch verbunden ist, auf.

In diesem Fall ist der Dotierungsbereich an einem Bereich zwischen entsprechenden Grabenabschnitten gebildet. In dem Vorwärtsvorspannungszustand wird eine Spannung von mindestens einer vorbestimmten Schwellenspannung an den Elektrodenabschnitt angelegt. Zu dieser Zeit wird der Leitungstyp des Dotierungsbereiches nahe der zweiten Isolierschicht von jedem Grabenabschnitt umgekehrt und ein Kanalbereich ist gebildet. Zu der gleichen Zeit, zu der Minoritätsladungsträger von dem Dotierungsbereich zu dem Halbleitersubstrat injiziert werden, erreichen Leitungsträger eines Leitungstyps, der entgegengesetzt zu dem der Minoritätsladungsträger ist, die erste Elektroden-schicht wieder durch den Kanalbereich. Die Ladungsträger des entgegengesetzten Leitungstyps, die die erste Elektroden-schicht wieder erreichen, werden mit den Minoritätsladungsträgern in dem Dotierungsbereich gekoppelt und verschwinden. Als Ergebnis wird die Menge von Minoritätsladungsträgern, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat injiziert sind und darin gespeichert sind, reduziert.

Eine Spannung einer vorbestimmten Schwellenspannung oder weniger wird in dem Rückwärtsvorspannungszustand angelegt. Zu dieser Zeit erstreckt sich zusätzlich zu einer Verarmungsschicht, die sich von einem Übergang zwischen dem Dotierungsbereich und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat erstreckt, eine Verarmungsschicht von ei-

nem Übergang zwischen der zweiten Isolierschicht von einem jeden Grabenabschnitt und dem Halbleitersubstrat zu dem Halbleitersubstrat. Als Ergebnis werden eine Reduzierung des umgekehrten Wiederherstellungsstromes, der in der Halbleitereinrichtung in der Rückwärtsrichtung beim Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Rückwärtsvorspannungszustand fließt, sowie eine Verbesserung der Spannungsfestigkeit der Halbleitereinrichtung in dem Rückwärtsvorspannungszustand erreicht.

Bevorzugt ist die erste Elektrodenschicht aus Aluminium gebildet und trägt die minimale Dotierungskonzentration, die einen ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht ermöglicht, $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

In diesem Fall kann der ohmsche Kontakt leicht wie gewünscht gebildet werden.

Ein Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung entsprechend dem dritten Aspekt weist folgende Schritte auf. In eine erste Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrates eines ersten Leitungstyps werden Dotierungen eines zweiten Leitungstyps selektiv eingebracht. Eine Mehrzahl von Dotierungsbereichen wird durch eine Wärmebehandlung gebildet. Ein Schottky-Übergangsabschnitt wird an der ersten Hauptoberfläche eines Bereiches des Halbleitersubstrates des ersten Leitungstyps gebildet. Ein Grabenabschnitt wird in jedem Dotierungsbereich durch anisotropes Ätzen gebildet. Eine erste Elektrodenschicht wird auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates derart gebildet, daß sie in ohmschen Kontakt mit dem Dotierungsbereich zumindest an der ersten Hauptoberfläche ist.

Dieses Herstellungsverfahren ermöglicht, daß sich eine Dotierungskonzentration des Dotierungsbereiches, der an dem Halbleitersubstrat gebildet ist, langsam von dem Abschnitt nahe des Mittelpunktes des Halbleitersubstrates der ersten Hauptoberfläche zu dem Übergang mit dem Halbleitersubstrat reduziert.

Durch Bilden des Grabenabschnittes an dem Dotierungsbereich wird ein Bereich mit einer relativ hohen Dotierungskonzentration von dem Dotierungsbereich entfernt. Daher entspricht ein aktuell gebildeter Dotierungsbereich einem Abschnitt mit einer relativ niedrigen Dotierungskonzentration, der an einem Abschnitt nahe des Übergangs mit dem Halbleitersubstrat angeordnet ist. Der Dotierungsbereich ist in ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht an zumindest der ersten Hauptoberfläche. Eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtsvorspannungszustand injiziert ist, wird somit reduziert. Eine Halbleitereinrichtung, bei der der umgekehrte Wiederherstellungsstrom, der in der Rückwärtsvorspannungsrichtung beim Übergang von dem Vorwärtsvorspannungszustand zu dem Zustand ohne Vorspannung fließt, reduziert wird, kann erhalten werden.

Das Verfahren weist weiterhin einen Schritt des Einbetens eines Isolators in jeden Grabenabschnitt auf.

In diesem Fall ist die erste Elektrodenschicht in ohmschen Kontakt mit dem Dotierungsbereich nur an der ersten Hauptoberfläche. Folglich wird eine Fläche eines Abschnittes, in dem die erste Elektrodenschicht und der Dotierungsbereich in ohmschen Kontakt miteinander sind, reduziert. Weiterhin wird eine Menge der Minoritätsladungsträger, die von dem Dotierungsbereich in das Halbleitersubstrat in dem Vorwärtsvorspannungszustand injiziert sind und darin gespeichert sind, reduziert. Als Ergebnis kann eine Halbleitereinrichtung, bei der der umgekehrte Wiederherstellungsstrom weiter reduziert ist, erhalten werden.

Bevorzugt wird Aluminium für die erste Elektrodenschicht verwendet und ist der Dotierungsbereich derart gebildet, daß er eine Dotierungskonzentration von $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ an einem Abschnitt nahe der Übergangs-

che mit der ersten Elektrodenschicht aufweist.

In diesem Fall ist der Dotierungsbereich derart gebildet, daß er eine minimale Dotierungskonzentration aufweist, die einen ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht ermöglicht.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen Fig. 1 und 2 Querschnittsansichten von Dioden entsprechend der ersten und zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 eine Draufsicht, der in Fig. 2 gezeigten Diode, entsprechend der zweiten Ausführungsform,

Fig. 4 und 5 Querschnittsansichten von Dioden entsprechend der dritten und vierten Ausführungsform,

Fig. 6 eine Draufsicht, der in Fig. 5 gezeigten Diode, entsprechend der fünften Ausführungsform,

Fig. 7-9 Querschnittsansichten von Dioden entsprechend der fünften bis sechsten Ausführungsform,

Fig. 10 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt eines Herstellungsverfahrens einer Diode entsprechend der achten Ausführungsform zeigt,

Fig. 11-16 Querschnittsansichten, die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der achten Ausführungsform zeigen;

Fig. 17 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt eines Herstellungsverfahrens einer Diode entsprechend der neunten Ausführungsform zeigt,

Fig. 18 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt entsprechend der neunten Ausführungsform zeigt, der nach dem in Fig. 17 gezeigten Schritt ausgeführt wird;

Fig. 19 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt entsprechend der neunten Ausführungsform zeigt, der nach dem in Fig. 18 gezeigten Schritt ausgeführt wird;

Fig. 20 eine Querschnittsansicht, die einen Herstellungsschritt einer Diode entsprechend der dritten Ausführungsform zeigt;

Fig. 21-25 Querschnittsansichten, die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der zehnten Ausführungsform zeigen;

Fig. 26 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt eines Herstellungsverfahrens einer Diode entsprechend einer elften Ausführungsform zeigt

Fig. 27-32 Querschnittsansichten die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der elften Ausführungsform zeigen;

Fig. 33 eine Querschnittsansicht, die einen Herstellungsschritt einer Diode entsprechend der zwölften Ausführungsform zeigt;

Fig. 34-37 Querschnittsansichten, die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der zwölften Ausführungsform zeigen;

Fig. 38 eine Querschnittsansicht, die einen Herstellungsschritt einer Diode entsprechend einer dreizehnten Ausführungsform zeigen;

Fig. 39-46 Querschnittsansichten, die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der dreizehnten Ausführungsform zeigen;

Fig. 47 eine Querschnittsansicht, die einen Schritt eines Herstellungsverfahrens einer Diode entsprechend einer vierzehnten Ausführungsform zeigt;

Fig. 48-53 Querschnittsansichten, die Schritte in der Ausführungsreihenfolge entsprechend der vierzehnten Ausführungsform zeigen;

Fig. 54 eine Querschnittsansicht einer Diode, die einen der Anmelderin bekannten Schottky-Übergangsbereich aufweist;

Fig. 55-59 Querschnittsansichten, die Dioden der ersten bis fünften der Anmelderin bekannten Art zeigen.

1. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der ersten Ausführungsform wird mit Bezug zu den beigefügten Figuren beschrieben. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von p-Anodenbereichen 5 an einer Oberfläche eines n-Substrates 1 gebildet. Es sind Gräben 4 jeweils in bzw. an den p-Anodenbereichen 5 gebildet. Es ist eine metallische Anodenelektrode 9 auf der einen Oberfläche des n-Substrates 1 derart gebildet, daß die Gräben 4 gefüllt sind. Es ist ein Schottky-Übergangsbereich 7a, der aus Platinsilizid gebildet ist, an einer Übergangsstelle zwischen der metallischen Anodenelektrode und dem n-Substrat 1 gebildet. An der anderen Oberfläche des n-Substrates 1 ist eine metallische Kathodenelektrode 11 mit einem n⁺-Kathodenbereich 3 dazwischen gebildet.

Jeder p-Anodenbereich 5 ist durch Einbringen einer p-Dotierung in das n-Substrat 1 und durch eine Wärmebehandlung gebildet. Zu der gleichen Zeit, zu der die Dotierung von der Oberfläche des n-Substrates 1 thermisch zu seinem Inneren diffundiert wird, wird die Dotierung ebenfalls von der Oberfläche des n-Substrates 1 zu einem Abschnitt dort herum thermisch diffundiert. Eine Anfangsmenge des Einbringens einer Dotierung, eine Bedingung der Wärmebehandlung und ähnliches sind derart ausgewählt, daß eine Dotierungskonzentration eines Dotierungsbereiches an der Oberfläche des n-Substrates 1 einen minimalen Wert aufweist, der einen ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ermöglicht.

Folglich weist eine Dotierungskonzentration in dem Dotierungsbereich den maximalen Wert an einem Abschnitt nahe des Mittelpunktes der Oberfläche des n-Substrates 1 auf und die Konzentration nimmt derart ab, daß sie einen niedrigeren Wert zu dem Inneren des n-Substrates 1 hin aufweist. An einem Abschnitt nahe des Mittelpunktes von jedem Dotierungsbereich ist der Graben 4 gebildet. Ein Bereich mit einer relativ niedrigen Dotierungskonzentration an einem Abschnitt nahe an einer Übergangsstelle mit dem n-Substrat 1 wird schließlich der p-Anodenbereich 5. Wenn die metallische Anodenelektrode beispielsweise aus Aluminium gebildet ist, beträgt eine Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 in ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 1×10^{16} – $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

Als nächstes wird der Betrieb beschrieben. Die Beschreibung wird bezüglich eines Vorwärtvorspannungszustandes angegeben, bei dem ein positives Potential an die metallische Anodenelektrode 9 und ein negatives Potential an die metallische Kathodenelektrode 11 angelegt werden. Bei dem Vorwärtvorspannungszustand werden Löcher als Minoritätsladungsträger von dem p-Anodenbereich 5, der in ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ist, in das n-Substrat 1 injiziert. Zur gleichen Zeit werden Elektronen von den n⁺-Kathodenbereich 3 in das n-Substrat 1 injiziert. Ein Strom fließt zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und der metallischen Kathodenelektrode 11 derart, daß der EIN-Zustand erzeugt ist. Zu dieser Zeit nimmt eine Menge der Löcher, die von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert sind und darin gespeichert sind, ab, da die Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 relativ niedrig ist.

Als nächstes wird der Rückwärtvorspannungszustand zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und der metallischen Kathodenelektrode 11 erzeugt.

Beim Übergang zu dem AUS-Zustand fließen die in dem n-Substrat 1 gespeicherten Minoritätsladungsträger in der Richtung der umgekehrten Vorspannung, d. h. von der metallischen Kathodenelektrode 11 zu der metallischen Anodenelektrode 9, als der umgekehrte Wiederherstellungs-

strom. In diesem Fall ist die Menge der Löcher als die Minoritätsladungsträger, die in dem n-Substrat 1 gespeichert sind, gering, so daß der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 reduziert ist.

Wenn ein negatives Potential und ein positives Potential an die metallische Anodenelektrode 9 bzw. die metallische Kathodenelektrode 11 angelegt sind, d. h. in dem Rückwärtvorspannungszustand, erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen jedem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Zu dieser Zeit ist ein Abschnitt nahe an dem Schottky-Übergangsbereich 7a zwischen den Verarmungsschichten, die sich jeweils von benachbarten p-Anodenbereichen 5 erstrecken. Das elektrische Feld eines Abschnittes nahe dem Schottky-Übergangsbereich 7a ist somit verringert. Als Ergebnis ist die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtvorspannungszustand verbessert.

2. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der zweiten Ausführungsform wird mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist ein Siliziumoxidfilm 27 in dem Graben 4 eingebettet, der an jedem p-Anodenbereich 5 gebildet ist.

Andere strukturelle Komponenten sind ähnlich zu denen der in Fig. 1 gezeigten Diode, die in der ersten Ausführungsform beschrieben wurde, und identische Komponenten sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine detaillierte Beschreibung davon wird ausgelassen.

Eine zweidimensionale Struktur der in Fig. 2 gezeigten Diode ist in Fig. 3 als ein Beispiel dargestellt. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, ist ein p-Anodenbereich um jeden Graben 4 gebildet und ein ohmscher Übergangsbereich 7b ist zwischen dem p-Anodenbereich und der metallischen Anodenelektrode 9 angeordnet. Ein peripherer p-Bereich 13 ist dort herum gebildet und ein Schutzring 15 zum Verbessern der Isoliereigenschaften ist gebildet. Es wird angemerkt, daß Fig. 2 einen Querschnitt entlang der Linie A-A, die in Fig. 3 gezeigt ist, zeigt.

Als nächstes wird der Betrieb beschrieben. Bei der in der ersten Ausführungsform beschriebenen Elektrode ist die metallische Anodenelektrode 9 in dem Graben 4 eingebettet. Die Eigenschaft der Verteilung der Dotierungskonzentration in dem p-Anodenbereich 5 läßt zu, daß die metallische Anodenelektrode 9 in ohmschen Kontakt mit dem p-Anodenbereich 5 ebenfalls an der Seite des Grabens 4 nahe dem ohmschen Übergangsbereich 7b ist.

Entsprechend dieser Ausführungsform ist der Siliziumoxidfilm 27 in dem Graben 4 eingebettet. Die metallische Anodenelektrode 9 ist in ohmschen Kontakt mit dem p-Anodenbereich 5 nur an den ohmschen Übergangsbereich 7b. Ein Bereich/eine Fläche, in dem die metallische Anodenelektrode 9 in ohmschen Kontakt mit dem p-Anodenbereich 5 ist, ist somit verringert. Eine Menge von Löchern, die von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 derart in dem Vorwärtvorspannungszustand injiziert werden, daß sie darin gespeichert werden, wird verringert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 reduziert.

3. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der dritten Ausführungsform wird unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 4 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von Gräben 4 an einer Oberfläche eines n-Substrates 1 vorgesehen. Ein Siliziumoxidfilm 17 ist an einer Seite 4b von jedem Graben 4 gebildet. Ein p-Anodenbereich 5 ist derart gebildet, daß er in

Kontakt mit einer Bodenoberfläche 4a von jedem Graben 4 gebildet ist. Eine metallische Anodenelektrode 9 ist auf dem n-Substrat 1 derart gebildet, daß sie den Graben 4 füllt. Es ist ein Schottky-Übergangsbereich 7a zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem n-Substrat 1 vorgesehen. Die metallische Anodenelektrode 9 und der p-Anodenbereich 5 sind in ohmschen Kontakt an der Bodenoberfläche 4a des Grabens. Eine metallische Kathodenelektrode 11 ist auf der anderen Oberfläche des n-Substrates 1 mit einem n⁺-Kathodenbereich 3 dazwischen gebildet.

Jeder p-Anodenbereich 5 ist durch die thermische Diffusion der in die Bodenoberfläche 4a des Grabens eingebrachten p-Dotierung gebildet, wie in der ersten Ausführungsform beschrieben wurde. Eine Einbringungsmenge der Dotierung und eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß der Wert der Dotierungskonzentration an der Grabenbodenoberfläche 4a, der den ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ermöglicht, minimal ist. In jedem so gebildeten p-Anodenbereich 5 ist die Dotierungskonzentration am höchsten an dem Abschnitt nahe der Grabenbodenoberfläche 4a und an den anderen Abschnitten ist die Dotierungskonzentration niedriger als diese Konzentration.

Als nächstes wird ein Betrieb beschrieben. Ein Betrieb einer Diode entsprechend dieser Ausführungsform ist fast ähnlich zu dem, der in der ersten und zweiten Ausführungsform beschrieben wurde. Zuerst werden in dem Vorwärtsspannungszustand Löcher, die Minoritätsladungsträger sind, von jedem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert. Zu dieser Zeit weist der p-Anodenbereich 5 die minimale Dotierungskonzentration an der Grabenbodenoberfläche 4a auf, die den ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ermöglicht. Andere Abschnitte als die Grabenbodenoberfläche 4a weisen eine Dotierungskonzentration auf, die noch niedriger ist als die minimale Konzentration. Folglich wird die Menge von Löchern, die in das n-Substrat 1 injiziert sind und darin gespeichert sind, verringert. Als Ergebnis kann die Verringerung des umgekehrten Wiederherstellungsstromes der Diode 2 erreicht werden.

In dem Rückwärtsspannungszustand erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Der p-Anodenbereich 5 ist durch Einbringen einer Dotierung in die Bodenoberfläche 4a des Grabens 4, der vorher gebildet ist, und durch ein thermische Diffusion davon gebildet. Daher ist jeder p-Anodenbereich 5 tiefer angeordnet, d. h. an einem Abschnitt angeordnet, der von der Oberfläche des n-Substrates 1 weiter entfernt ist. Da der Abstand von dem Rand der Verarmungsschicht zu der metallischen Anodenelektrode 9 erhöht ist, ist das elektrische Feld dazwischen verringert. Als Ergebnis wird die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtsspannungszustand verbessert.

4. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der vierten Ausführungsform wird unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von Gräben 4 an einer Oberfläche eines n-Substrates 1 gebildet. Die Oberfläche von jedem Graben 4 ist mit einem Siliziumoxidfilm 18 bedeckt. Ein dotierter Polysiliziumfilm 19 ist weiterhin darin eingebettet. Ein p-Anodenbereich 5 und ein Schottky-Übergangsbereich 7a sind zwischen jeweiligen Gräben 4 an dem n-Substrat 1 abwechselnd gebildet. Eine metallische Anodenelektrode 9 ist auf der Oberfläche des n-Substrates 1 gebildet. Ein ohmscher Übergangsbereich 7b ist zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem p-Anodenbereich

5 gebildet. Eine metallischen Kathodenelektrode 11 ist an der anderen Oberfläche des n-Substrates 1 mit einem n⁺-Kathodenbereich 3 dazwischen gebildet.

Eine beispielhafte zweidimensionale Struktur der in Fig. 5 gezeigten Diode 2 ist in Fig. 6 gezeigt. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, ist der Schottky-Übergangsbereich 7a zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem n-Substrat 1 zwischen benachbarten Gräben 4 gebildet. Der ohmsche Übergangsbereich 7b zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem p-Anodenbereich ist derart gebildet, daß er den Graben 4 und den Schottky-Übergangsbereich 7a umgibt. Zusätzlich ist darum ein peripherer p-Bereich 13 gebildet. Fig. 5 zeigt einen Querschnitt entlang A-A in Fig. 6.

Jeder p-Anodenbereich 5 ist durch Einbringen der p-Dotierung in die Oberfläche des n-Substrates 1 und durch Anwenden einer Wärmebehandlung darauf gebildet. Eine Menge der eingebrachten Dotierung sowie eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß die Dotierungskonzentration an der Oberfläche des n-Substrates 1, die einen ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode ermöglicht, minimal ist, und daß die Tiefe geringer ist als die des Grabens 4. Jeder p-Anodenbereich 5 weist die maximale Dotierungskonzentration an der Oberfläche des n-Substrates 1 auf und weist eine niedrigere Dotierungskonzentration als diese Konzentration an anderen Abschnitten auf.

Als nächstes wird ein Betrieb beschrieben. In dem Vorwärtsspannungszustand werden Löcher, die Minoritätsladungsträger sind, von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert. Zu dieser Zeit ist die Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 minimal, wodurch der ohmsche Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 an der Oberfläche des n-Substrates 1 ermöglicht wird. Daher wird die Menge der in das n-Substrat 1 injizierten und darin gespeicherten Löchern verringert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 reduziert.

In dem Rückwärtsspannungszustand erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen jedem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Die Tiefe von jedem p-Anodenbereich 5 ist kleiner als die des Grabens 4 und die Verarmungsschicht erstreckt sich zu der Oberfläche des n-Substrates 1 an einen Abschnitt, in dem die Übergangsstelle zwischen dem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1 in Kontakt mit der Seite des Grabens 4b ist. Die Verarmungsschicht erstreckt sich somit weiter nahe an der Seite des Grabens 4b. Die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtsspannungszustand ist somit verbessert.

5. Ausführungsform

Mit Bezug zu den Figuren wird eine Diode entsprechend der fünften Ausführungsform beschrieben. Wie in Fig. 7 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von Gräben 4 an einer Oberfläche eines n-Substrates 1 gebildet. Eine Oberfläche von jedem Graben 4 ist mit einem Siliziumoxidfilm 18 bedeckt und ein dotierter Polysiliziumfilm 19 ist darin eingebettet. Eine Mehrzahl von p-Anodenbereichen 5 sind derart gebildet, daß sie in Kontakt mit der Seite 4b des Grabens 4 sind. Eine metallische Anodenelektrode 9 ist auf der Oberfläche des n-Substrates 1 gebildet. Ein ohmscher Übergangsbereich 7b ist zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und jedem p-Anodenbereich 5 vorgesehen.

Weiterhin ist ein Schottky-Übergangsbereich 7a zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem n-Substrat 1 gebildet. Auf der anderen Oberfläche des n-Substrates 1 ist eine metallische Kathodenelektrode 11 mit einem n⁺-Kathodenbereich 3 dazwischen gebildet.

denbereich 3 dazwischen gebildet.

Jeder p-Anodenbereich 5 weist die minimale Dotierungskonzentration an der Oberfläche des n-Substrates 1 auf, die den ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ermöglicht, und weist eine niedrigere Dotierungskonzentration als die minimale Konzentration an anderen Abschnitten auf.

Als nächstes wird ein Betrieb beschrieben. In dem Vorwärtsspannungszustand werden Löcher, die Minoritätsträger sind, von jedem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert. Zu dieser Zeit ermöglicht die Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 den ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 nur an der Oberfläche des n-Substrates 1. Die Menge der in das n-Substrat 1 injizierten und darin gespeicherten Löcher wird verringert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 reduziert.

In dem Rückwärtsspannungszustand bzw. dem Rückwärtsspannungszustand erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen jedem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Der p-Anodenbereich 5 ist an der Seite 4b des Grabens 4 vorgesehen, so daß sich benachbarte Verarmungsschichten leicht miteinander verbinden. Das elektrische Feld nahe des Schottky-Übergangsbereiches 7a wird somit verringert. Als Ergebnis wird die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtsspannungszustand verbessert.

6. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der sechsten Ausführungsform wird unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, sind eine Mehrzahl von Gräben 4 an einer Oberfläche eines n-Substrates 1 vorgesehen. Jeder Graben 4 ist mit einem Siliziumoxidfilm 18 bedeckt und ein dotierter Polysiliziumfilm 19 ist weiterhin darin eingebettet. Ein p-Anodenbereich 5 ist an dem n-Substrat 1 zwischen benachbarten Gräben 4 gebildet. Eine metallische Anodenelektrode 9 ist auf dem p-Anodenbereich 5 gebildet. Jeder p-Anodenbereich 5 ist in ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9. Die metallische Anodenelektrode 9 und der dotierte Polysiliziumfilm 19 sind durch einen Siliziumoxidfilm 20 isoliert. Die dotierten Polysiliziumfilme 19, die in entsprechenden Gräben 4 eingebettet sind, sind elektrisch miteinander verbunden und bilden eine nach außen gehende Gateelektrode G. Eine metallische Kathodenelektrode 11 ist auf der anderen Oberfläche des n-Substrates 1 mit einem n-Kathodenbereich 3 dazwischen gebildet.

Jeder p-Anodenbereich 5 weist die minimale Dotierungskonzentration an der Oberfläche des n-Substrates 1 auf, die den ohmschen Kontakt mit der metallischen Anodenelektrode 9 ermöglicht, und weist eine niedrigere Dotierungskonzentration als die minimale Dotierungskonzentration an anderen Abschnitten auf.

Ein Betrieb wird im folgenden beschrieben. In dem Vorwärtsspannungszustand bzw. dem Vorwärtsspannungszustand wird eine Spannung von zumindest einer vorbestimmten Schwellenspannung an die nach außen gehende Gateelektrode G angelegt. Zu dieser Zeit wird der Leitungstyp des p-Anodenbereiches 5 nahe dem Siliziumoxidfilm 18 entgegengesetzt und ein Kanalbereich des n-Typs wird gebildet. Zu der gleichen Zeit werden Löcher, die Minoritätsträger sind, von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injizieren, wandern Elektronen von dem n-Substrat 1 durch den Kanalbereich zu der metallischen Anodenelektrode 9. Die Elektronen, die an der metallischen Anodenelektrode 9 ankommen, werden wieder mit den Löchern in dem p-Anodenbereich 5 verbunden bzw. gekoppelt und

verschwinden. Die Menge der Löcher, die von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert werden und darin gespeichert werden, wird verringert. Als Ergebnis wird der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 reduziert.

In dem Rückwärtsspannungszustand wird eine Spannung von höchstens einer vorbestimmten Schwellenspannung an die nach außen gehende Gateelektrode G angelegt. Zu dieser Zeit erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem Siliziumoxidfilm 18 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Eine Verarmungsschicht erstreckt sich ebenfalls von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Anodenbereich 5 und dem n-Substrat 1.

Diese Verarmungsschichten sind leicht mit benachbarten Verarmungsschichten verbunden. Die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtsspannungszustand wird weiter verbessert.

7. Ausführungsform

Eine Diode entsprechend der siebten Ausführungsform wird unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 9 gezeigt ist, sind ein dotierter Polysiliziumfilm 19, der in jedem Graben 4 eingebettet ist, und eine metallische Anodenelektrode 9 durch einen Siliziumoxidfilm 22 isoliert. Die dotierten Polysiliziumfilme 19, die in entsprechenden Gräben 4 eingebettet sind, sind miteinander elektrisch verbunden und bilden eine nach außen gehende Gateelektrode. Die Struktur ist ähnlich zu der Diode in Fig. 7, die in der fünften Ausführungsform beschrieben wurde, außer dem obigen. Die gleichen Komponenten werden durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet und eine detaillierte Beschreibung davon wird ausgelassen.

Ein Betrieb wird im folgenden beschrieben. In dem Vorwärtsspannungszustand wird eine Spannung mit mindestens einer vorbestimmten Schwellenspannung an die nach außen gehende Gateelektrode G angelegt. Zu dieser Zeit wird der Leitungstyp des p-Anodenbereiches 5 nahe dem Siliziumoxidfilm 18 entgegengesetzt und ein Kanalbereich des n-Typs wird gebildet. Es werden Löcher, die Minoritätsträger sind, von dem p-Anodenbereich 5 zu dem n-Substrat 1 injiziert. Zur gleichen Zeit wandern Elektronen von dem n-Substrat 1 durch den Kanalbereich derart, daß sie an der metallischen Anodenelektrode 9 ankommen. Die Elektronen, die an der metallischen Anodenelektrode 9 ankommen, werden mit den Löchern in dem p-Anodenbereich 5 wieder gekoppelt und verschwinden. Die Menge der Löcher, die von dem p-Anodenbereich 5 in das n-Substrat 1 injiziert sind und darin gespeichert sind, wird somit verringert. Der umgekehrte Wiederherstellungsstrom der Diode 2 wird somit reduziert.

In dem Rückwärtsspannungszustand wird eine Spannung mit höchstens einer vorbestimmten Schwellenspannung an die nach außen führende Gateelektrode G angelegt. Zu dieser Zeit erstreckt sich eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem Siliziumoxidfilm 18 und dem n-Substrat 1 zu dem n-Substrat 1. Zu der gleichen Zeit erstreckt sich ebenfalls eine Verarmungsschicht von einer Übergangsstelle zwischen dem p-Anodenbereich 5, der derart angeordnet ist, daß er in Kontakt mit der Seite 4b von jedem Graben 4 ist, und dem n-Substrat 1. Benachbarte Verarmungsschichten sind leicht miteinander verbunden und das elektrische Feld wird verringert. Als Ergebnis wird die Spannungsfestigkeit der Diode 2 in dem Rückwärtsspannungszustand verbessert.

8. Ausführungsform

Entsprechend der achten Ausführungsform wird ein Ver-

fahren des Herstellens einer in Fig. 1 gezeigten Diode, die in der ersten Ausführungsform beschrieben wurde, mit Bezug zu den Figuren beschrieben.

Der n⁺-Kathodenbereich 3 wird, wie in Fig. 11 gezeigt ist, durch die Ionenimplantation einer n-Dotierung in die gesamte Oberfläche des in Fig. 10 gezeigten n⁻-Substrates 1 und durch eine thermische Diffusion davon gebildet. Es werden ein Siliziumoxidfilm 23 auf der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 sowie ein Siliziumoxidfilm 24 auf der Oberfläche des n⁺-Kathodenbereiches 3 durch die thermische Oxidation gebildet.

Als nächstes wird, wie in Fig. 12 gezeigt ist, ein vorbestimmtes Photoresistmuster 25 auf dem Siliziumoxidfilm 23 gebildet. Ein Dotierungsinjektionsbereich 5a wird durch Ionenimplantation von Bor in das n⁻-Substrat 1 unter Verwendung des Photoresistmusters 25 als Maske gebildet. Das Photoresistmuster 25 wird danach entfernt.

Wie in Fig. 13 gezeigt ist, wird ein p-Anodenbereich 5 durch eine vorbestimmte Wärmebehandlung, die den Dotierungsinjektionsbereich 5a, der in Fig. 12 gezeigt ist, thermisch diffundiert, gebildet. Die Anfangsmenge des injizierten Bors und eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß eine Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 an der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 schließlich $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ beträgt. Der Siliziumoxidfilm wird entfernt und ein Platinfilm wird auf dem n⁻-Substrat 1 durch Sputtern oder ähnlichem derart gebildet, daß der p-Anodenbereich 5 bedeckt wird. Es wird Platinsilizid durch eine vorbestimmte Wärmebehandlung gebildet, durch die das Silizium und das Platin in dem n⁻-Substrat 1 miteinander reagieren. Das Platin, das nicht reagiert, wird danach entfernt. Der Platinsilizidfilm, der auf dem p-Anodenbereich 5 gebildet ist, bildet danach den ohmschen Übergangsbereich 7b. Der auf dem n⁻-Substrat 1 gebildete Platinsilizidfilm bildet danach den Schottky-Übergangsbereich 7a.

Wie in Fig. 14 gezeigt ist, wird ein dicker Siliziumoxidfilm auf der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 gebildet. Die Oberfläche des p-Anodenbereiches 5 wird durch anisotropes Ätzen des Siliziumoxidfilms 26 unter Verwendung eines vorbestimmten Photoresistmusters (nicht gezeigt), das auf dem Siliziumoxidfilm 26 gebildet ist, freigelegt. Der p-Anodenbereich 5 wird unter Verwendung des Siliziumoxidfilms 26 als Maske anisotrop geätzt und der Graben 4 wird gebildet.

Wie in Fig. 15 gezeigt ist, wird der in Fig. 24 gezeigte Siliziumoxidfilm entfernt.

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, wird eine metallische Anodenelektrode 9 auf dem n⁻-Substrat 1 derart gebildet, daß der Graben 4 gefüllt wird. Es wird bevorzugt Aluminium für die metallische Anodenelektrode 9 verwendet. Die metallische Anodenelektrode 9 und der p-Anodenbereich 5 sind in ohmschen Kontakt miteinander an der Oberfläche des n⁻-Substrates 1. Die Eigenschaften der Dotierungsverteilung in dem p-Anodenbereich 5 ermöglichen, daß die metallische Anodenelektrode 9 in ohmschen Kontakt mit dem p-Anodenbereich 5 an der Seite des Grabens 4 nahe dem ohmschen Übergangsbereiches 7b ist.

Es wird der auf der Oberfläche des n⁺-Kathodenbereiches 3 gebildete Siliziumoxidfilm entfernt und die metallische Kathodenelektrode 11 wird gebildet.

Folglich wird eine in Fig. 1 gezeigte Diode fertiggestellt.

Speziell in diesem Fall wird jeder p-Anodenbereich 5 durch zuerst Einbringen der p-Dotierung in das n⁻-Substrat 1 und durch die Wärmebehandlung gebildet.

Zu der gleichen Zeit, zu der die Dotierung thermisch von der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 zu dem Inneren diffundiert wird, wird die Dotierung ebenfalls an der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 zu peripheren Abschnitten diffundiert.

Die Anfangsmenge der eingebrachten Dotierung, eine Bedienung der Wärmebehandlung und ähnliches werden derart ausgewählt, daß der Dotierungsbereich an der Oberfläche des n⁻-Substrates die minimale Dotierungskonzentration zum Ermöglichen des ohmschen Kontaktes mit der metallischen Anodenelektrode 9 aufweist. In dem Dotierungsbereich ist die Dotierungskonzentration am höchsten nahe dem Mittelpunkt der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 und die Konzentration verringert sich langsam in Richtung zu dem Inneren des n⁻-Substrates 1. Der Graben 4 wird nahe dem Mittelpunkt von jedem Dotierungsbereich gebildet. In dem Dotierungsbereich wird ein Bereich mit einer relativ niedrigen Dotierungskonzentration, der nahe der Übergangsstelle mit dem n⁻-Substrat 1 angeordnet ist, schließlich der p-Anodenbereich 5. Der umkehrte Wiederherstellungsstrom der Diode wird somit, wie in der ersten Ausführungsform beschrieben wurde, reduziert.

9. Ausführungsform

Entsprechend der neunten Ausführungsform wird ein Verfahren des Herstellens einer in Fig. 2 gezeigten Diode, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben wurde, unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 17 gezeigt ist, wird nach den Vorgängen, die in Fig. 10 bis 15 gezeigt sind, ein Siliziumoxidfilm 27 auf dem n⁻-Substrat 1 derart gebildet, daß jeder Graben 4 gefüllt wird.

Wie in Fig. 18 gezeigt ist, wird der Siliziumoxidfilm geätzt und der Siliziumoxidfilm 27 wird nur in dem Graben 4 zurückgelassen.

Wie in Fig. 19 gezeigt ist, wird die metallische Anodenelektrode 9 auf der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 gebildet. Die metallische Kathodenelektrode 11 wird auf der Oberfläche des n⁻-Kathodenbereiches gebildet. In diesem Fall ist die metallische Anodenelektrode 9 nur in dem ohmschen Übergangsbereich 7b in ohmschen Kontakt mit dem p-Anodenbereich 5, da der Siliziumoxidfilm 27 in dem Graben 4 eingebettet ist. Die in Fig. 2 gezeigte Diode wird somit fertiggestellt. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der in der zweiten Ausführungsform beschrieben wurde.

10. Ausführungsform

Entsprechend der zehnten Ausführungsform wird ein Herstellungsverfahren der in Fig. 4 gezeigten Diode, die in der dritten Ausführungsform beschrieben wurde, unter Verwendung der Figuren beschrieben. Wie in Fig. 20 gezeigt ist, wird ein Platinsilizidfilm, der danach der Schottky-Übergangsbereich 7a wird, an der Oberfläche des n⁻-Substrates 1 gebildet, wie in der achten Ausführungsform beschrieben wurde. Ein Siliziumoxidfilm 26 wird auf dem Platinsilizidfilm gebildet.

Die Oberfläche des n⁻-Substrates 1 wird durch anisotropes Ätzen des Siliziumoxidfilms 26 unter Verwendung eines vorbestimmten Photoresistmusters (nicht gezeigt), das auf dem Siliziumoxidfilm 26 gebildet ist, als Maske freigelegt. Das n⁻-Substrat 1 wird weiter unter Verwendung des Siliziumoxidfilms 26 als Maske derart anisotrop geätzt, das eine Mehrzahl von Gräben 4 gebildet werden. An der anderen Oberfläche des n⁻-Substrates 1 werden ein n⁺-Kathodenbereich 3 und ein Siliziumoxidfilm 24, wie in der achten Ausführungsform beschrieben wurde, gebildet.

Wie in Fig. 21 gezeigt ist, werden die Oberflächen der Mehrzahl von Gräben 4 mit einem Siliziumoxidfilm 17 durch die thermische Oxidation bedeckt.

Wie in Fig. 22 gezeigt ist, wird die p-Dotierung, wie z. B. Bor, unter Verwendung des Siliziumoxidfilms 26 als Maske in das n⁻-Substrat 1 durch die Ionenimplantation injiziert.

und ein Dotierungsinjektionsbereich 5a in Kontakt mit einer Bodenoberfläche des Grabens 4a wird gebildet. Durch eine vorbestimmte Wärmebehandlung wird der Dotierungsinjektionsbereich 5a der p-Anodenbereich. Eine Anfangsmenge des injizierten Bors und eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß eine Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches 5 an der Grabenbodenoberfläche 4a schließlich $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ beträgt.

Wie in Fig. 23 gezeigt ist, werden der Siliziumoxidfilm 26 und der Siliziumoxidfilm 17, der an der Grabenbodenoberfläche 4a gebildet ist, durch das anisotrope Ätzen entfernt.

Wie in Fig. 24 gezeigt ist, wird eine metallische Anodenelektrode 9 auf der Oberfläche des n-Substrates 1 derart gebildet, daß der Graben 4 gefüllt wird.

Es wird bevorzugt Aluminium für die metallische Anodenelektrode 9 verwendet. Der Schottky-Übergangsbereich 7a ist zwischen der metallischen Anodenelektrode und dem n-Substrat 1 angeordnet. Die metallische Anodenelektrode 9 ist in ohmschen Kontakt mit dem n-Substrat 1 an der Grabenbodenoberfläche 4a.

Wie in Fig. 25 gezeigt ist, wird die metallische Kathodenelektrode 11 an der Oberfläche des n-Kathodenbereiches 3 gebildet. Die in Fig. 4 gezeigte Diode wird somit fertiggestellt. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der bei der dritten Ausführungsform beschrieben wurde.

11. Ausführungsform

Entsprechend der elften Ausführungsform wird ein Herstellungsverfahren der in Fig. 5 gezeigten Diode, die in der vierten Ausführungsform beschrieben wurde, unter Verwendung der Figuren beschrieben.

Wie in Fig. 26 gezeigt ist, wird ein p-Anodenbereich 5 an einem vorbestimmten Bereich des n-Substrates 1 durch Schritte, die ähnlich zu denen sind, die in Fig. 10 bis 13 gezeigt sind und die in der achten Ausführungsform beschrieben wurden, gebildet. Eine Anfangsmenge von injiziertem Bor und eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart gewählt, daß der p-Anodenbereich 5 eine Dotierungskonzentration aufweist, die schließlich $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ an der Oberfläche des n-Substrates 1 beträgt.

Wie in Fig. 27 gezeigt ist, wird ein Siliziumoxidfilm 26 auf dem n-Substrat 1 gebildet. Der Siliziumoxidfilm 26 wird unter Verwendung eines vorbestimmten Photoresistmusters (nicht gezeigt), das auf dem Siliziumoxidfilm 26 gebildet ist, als Maske anisotrop geätzt und die Oberfläche des n-Substrates wird freigelegt. Eine Mehrzahl von Gräben 4 werden durch anisotropes Ätzen des n-Substrates 1 unter Verwendung des Siliziumoxidfilmes 26 als Maske gebildet.

An jedem anderen Bereich, der zwischen den Gräben 4 liegt, ist der p-Anodenbereich 5 angeordnet.

Wie in Fig. 28 gezeigt ist, wird ein Siliziumoxidfilm 18, der die Oberfläche von jedem Graben 4 bedeckt, durch die thermische Oxidation oder ähnlichem gebildet.

Wie in Fig. 29 gezeigt ist, wird ein dotierter Polysiliziumfilm 19 derart gebildet, daß jeder Graben 4 gefüllt wird.

Wie in Fig. 30 gezeigt ist, wird der dotierte Polysiliziumfilm 19 derart geätzt, daß der dotierte Polysiliziumfilm 19 in jedem Graben 4 zurückbleibt.

Wie in Fig. 31 gezeigt ist, werden die in Fig. 30 gezeigten Siliziumoxidfilme 26 und 18 entfernt. Danach wird eine metallische Anodenelektrode 9 auf dem n-Substrat 1 gebildet. Es wird bevorzugt Aluminium für die metallische Anodenelektrode 9 verwendet. Der Schottky-Übergangsbereich 7a ist zwischen der metallischen Anodenelektrode und dem n-Substrat 1 angeordnet. Zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem p-Anodenbereich 5 ist der ohmsche

Übergangsbereich 7b angeordnet.

Wie in Fig. 32 gezeigt ist, wird eine metallische Kathodenelektrode 11 auf der Oberfläche des n-Kathodenbereich 3 gebildet. Die in Fig. 5 gezeigte Diode wird fertiggestellt. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der in der vierten Ausführungsform beschrieben wurde.

12. Ausführungsform

Entsprechend der zwölften Ausführungsform wird ein Herstellungsverfahren der in Fig. 7 gezeigten Diode, die in der fünften Ausführungsform beschrieben wurde, mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Wie in Fig. 33 gezeigt ist, wird durch Schritte, die ähnlich zu denen sind, die in Fig. 10 bis 12 gezeigt sind und in der achten Ausführungsform beschrieben wurden, ein Dotierungsinjektionsbereich 5a an der Oberfläche des n-Substrates 1 gebildet. Der p-Anodenbereich wird durch die Wärmebehandlung gebildet. Eine Anfangsmenge des injizierten Bors und eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß eine Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches schließlich $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ an der Oberfläche des n-Substrates 1 beträgt.

Wie in Fig. 34 gezeigt ist, wird eine Mehrzahl von Gräben 4 an der Oberfläche des n-Substrates 1 durch Schritte, die ähnlich zu denen sind, die in Fig. 14 und 15 gezeigt sind und in der achten Ausführungsform beschrieben wurden, gebildet. Jeder Graben 4 ist derart gebildet, daß er einen tieferen Abschnitt als der p-Anodenbereich 4 ist. Die Oberfläche von jedem Graben 4 wird danach mit einem Siliziumoxidfilm 18 durch die thermische Oxidation oder ähnlichem bedeckt.

Wie in Fig. 35 gezeigt ist, wird ein dotierter Polysiliziumfilm 19 derart gebildet, daß jeder Graben 4 gefüllt wird.

Wie in Fig. 36 gezeigt ist, wird der dotierte Polysiliziumfilm derart geätzt, daß der dotierte Polysiliziumfilm 19 in jedem Graben 4 zurückbleibt. Die Siliziumoxidfilme 26 und 18, die auf dem n-Substrat 1 freigelegt sind, werden entfernt.

Wie in Fig. 37 gezeigt ist, wird eine metallische Anodenelektrode 9 auf dem n-Substrat 1 gebildet. Es wird bevorzugt Aluminium für die metallische Anodenelektrode 9 verwendet. Der Schottky-Übergangsbereich 7a ist zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem n-Substrat 1 angeordnet. Der ohmsche Übergangsbereich 7b ist zwischen der metallischen Anodenelektrode 9 und dem p-Anodenbereich 5 angeordnet.

Die in Fig. 7 gezeigte Diode wird fertiggestellt, nach dem die metallische Kathodenelektrode auf der Oberfläche des n-Kathodenbereiches 3 gebildet ist. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der in der fünften Ausführungsform beschrieben wurde.

13. Ausführungsform

Entsprechend der dreizehnten Ausführungsform wird ein Herstellungsverfahren der in Fig. 8 gezeigten Diode, die in der sechsten Ausführungsform beschrieben wurde, mit Bezug zu den Figuren beschrieben.

Wie in Fig. 38 gezeigt ist, wird nach dem in Fig. 11 gezeigten Schritt, der in der achten Ausführungsform beschrieben wurde, ein Dotierungsinjektionsbereich 5a durch Injizieren der p-Dotierung, wie z. B. Bor, in die Oberfläche des n-Substrates 1 durch die Ionenimplantation gebildet. Der p-Anodenbereich wird durch eine vorbestimmte Wärmebehandlung gebildet. Eine Anfangsmenge des injizierten Bors wie eine Bedingung der Wärmebehandlung werden derart ausgewählt, daß eine Dotierungskonzentration des p-Anodenbereiches schließlich $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ an der Ober-

fläche des n-Substrates 1 beträgt.

Wie in Fig. 39 gezeigt ist, wird ein noch dickerer Siliziumoxidfilm 26 auf dem in Fig. 38 gezeigten p-Anodenbereich 5a gebildet. Die Oberfläche des p-Anodenbereiches 5 wird durch anisotropes Ätzen des Siliziumoxidfilms 26 unter Verwendung eines vorbestimmten Photoresistmusters (nicht gezeigt), der auf dem Siliziumoxidfilm 26 gebildet ist, als Maske gebildet. Das n-Substrat 1 wird unter Verwendung des Siliziumoxidfilms 26 als Maske anisotrop geätzt und eine Mehrzahl von Gräben 4, die tiefer sind als der p-Anodenbereich 5, werden gebildet. Der Siliziumoxidfilm 26 wird danach entfernt.

Wie in Fig. 40 gezeigt ist, wird die Oberfläche von jedem Graben 4 mit einem Siliziumoxidfilm 18 durch die thermische Oxidation oder ähnlichem bedeckt.

Wie in Fig. 41 gezeigt ist, wird ein dotierter Polysiliziumfilm 19 derart gebildet, daß jeder Graben 4 gefüllt wird.

Wie in Fig. 42 gezeigt ist, wird der dotierte Polysiliziumfilm derart geätzt, daß der dotierte Polysiliziumfilm 19 in jedem Graben 4 zurückbleibt.

Wie in Fig. 43 gezeigt ist, wird ein Siliziumoxidfilm 20 derart gebildet, daß der dotierte Polysiliziumfilm 19, der in jedem Graben 4 verblieben ist, bedeckt wird.

Wie in Fig. 44 gezeigt ist, wird der Siliziumoxidfilm 20 unter Verwendung eines vorbestimmten Photoresistmusters (nicht gezeigt), das auf dem Siliziumoxidfilm 20 gebildet ist, als Maske anisotrop geätzt, wird der Siliziumoxidfilm auf dem dotierten Polysiliziumfilm 19 zurückgelassen und wird der Siliziumoxidfilm auf dem p-Anodenbereich 5 entfernt.

Wie in Fig. 45 gezeigt ist, wird eine metallische Anodenelektrode 9 auf der Oberfläche des n-Substrates 1 derart gebildet, daß der verbleibende Siliziumoxidfilm 20 bedeckt wird.

Wie in Fig. 46 gezeigt ist, wird als nächstes eine metallische Kathodenelektrode 11 auf der Oberfläche des n-Kathodenbereiches 3 gebildet. Die in Fig. 8 gezeigte Diode wird somit fertiggestellt. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der in der sechsten Ausführungsform beschrieben wurde.

14. Ausführungsform

Entsprechend der vierzehnten Ausführungsform wird ein Herstellungsverfahren der in Fig. 9 gezeigten Diode, die in der siebten Ausführungsform beschrieben wurde, unter Verwendung der Figuren beschrieben. Zuerst werden, wie in Fig. 47 gezeigt ist, nach den Schritten, die ähnlich zu denen sind, die in Fig. 33 und 34 gezeigt sind und die in der zwölften Ausführungsform beschrieben wurden, eine Mehrzahl von Gräben 4 an der Oberfläche des n-Substrates 1 gebildet. Die Oberfläche von jedem Graben 4 wird mit einem Siliziumoxidfilm 18 durch das thermische Oxidationsverfahren oder ähnlichem bedeckt.

Wie in Fig. 48 gezeigt ist, wird ein dotierter Polysiliziumfilm 19 derart gebildet, daß jeder Graben 4 gefüllt wird.

Wie in Fig. 49 gezeigt ist, wird durch Ätzen des dotierten Polysiliziumfilms der dotierte Polysiliziumfilm in jedem Graben 4 zurückgelassen und ein Bereich zum Bilden einer nach außen gehenden Gateelektrode (nicht gezeigt), der in einem späteren Schritt eine nach außen gehende Gateelektrode wird, wird in jedem Graben 4 gelassen. Die Abschnitte der in Fig. 48 gezeigten Siliziumoxidfilme 26 und 18, die auf der Oberfläche des n-Substrates 1 angeordnet sind, werden entfernt.

Wie in Fig. 50 gezeigt ist, wird ein Siliziumoxidfilm 22 derart gebildet, daß der in jedem Graben 4 verbleibende dotierte Polysiliziumfilm 19 bedeckt wird.

Als nächstes wird, wie in Fig. 51 gezeigt ist, der Siliziumoxidfilm selektiv geätzt.

Als nächstes, wird wie in Fig. 52 gezeigt ist, eine metallische Anodenelektrode 9 auf dem n-Substrat 1 derart gebildet, daß der Siliziumoxidfilm 22 bedeckt wird.

Wie in Fig. 53 gezeigt ist, wird als nächstes eine metallische Kathodenelektrode 11 auf der Oberfläche des n-Kathodenbereiches 3 gebildet. Es werden dotierte Polysiliziumfilme 19, die in entsprechenden Gräben 4 eingebettet sind, elektrisch miteinander verbunden und bilden eine nach außen gehende Gatter- bzw. Gateelektrode (nicht gezeigt). Die in Fig. 9 gezeigte Diode ist somit fertiggestellt. Die fertiggestellte Diode weist einen Effekt auf, der in der siebten Ausführungsform beschrieben wurde.

In jeder oben beschriebenen Ausführungsform wurde die Beschreibung unter Verwendung einer Diode als ein Beispiel einer Halbleitereinrichtung angegeben. Die Struktur der Seite der metallischen Anodenelektrode in jeder Diode, d. h. die Struktur, die das n-Substrat 1, eine Mehrzahl von Gräben 4, den p-Anodenbereich 5, den Schottky-Übergangsbereich 7a und den ohmschen Übergangsbereich 7b aufweist, kann an der Anodenstruktur des Thyristors sowie an der Kollektorstruktur des IGBT angewendet werden und ist nicht auf die Diode beschränkt.

Obwohl das n-Substrat hier verwendet wurde, kann ein ähnlicher Effekt erhalten werden, wenn ein p-Substrat verwendet wird. Wenn das p-Substrat verwendet wird, wird die oben beschriebene Struktur an die Struktur an der Seite der Kathode in der Diode und dem Thyristor angewendet.

Patentansprüche

1. Halbleitereinrichtung mit einem Halbleitersubstrat (1) eines ersten Leitungstyps, einer Mehrzahl von Grabenabschnitten (4), die selektiv an einer ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates (1) gebildet sind, einer Mehrzahl von Dotierungsbereichen (5) eines zweiten Leitungstyps, die zumindest mit einer Bodenoberfläche (4a) jedes Grabenabschnittes (4) in Kontakt sind und tiefer gebildet sind als jeder Grabenabschnitt (4), einer ersten Elektrodenschicht (9), die auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates (1) gebildet ist, bei der die erste Elektrodenschicht (9) und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates (1) einen Schottky-Übergang (7a) an der ersten Hauptoberfläche bilden, die erste Elektrodenschicht (9) und der Dotierungsbereich (5) einen ohmschen Kontakt (7b) an einer vorbestimmten Übergangsoberfläche bilden und jeder Dotierungsbereich (5) eine minimale Dotierungskonzentration an einem Abschnitt nahe der vorbestimmten Übergangsoberfläche, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht (9) ermöglicht, und eine Dotierungskonzentration an einem anderen Abschnitt als der Abschnitt nahe an der vorbestimmten Übergangsoberfläche, die noch niedriger als die minimale Dotierungskonzentration ist, die den ohmschen Kontakt ermöglicht, aufweist.
2. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1, bei der jeder Dotierungsbereich (5) derart gebildet ist, daß er in Kontakt mit beiden Seiten (4b) des Grabenabschnittes (4) sowie der ersten Hauptoberfläche nahe den beiden Seiten (4b) ist, und die vorbestimmte Übergangsoberfläche zumindest an

der ersten Hauptoberfläche des Dotierungsbereiches (5) angeordnet ist.

3. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der ein Isolator (27) in jedem Grabenabschnitt (4) eingebettet ist.

4. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter mit einer Isolierschicht (17), die an beiden Seiten (4b) des Grabenabschnittes (4) gebildet ist, bei der

jeder Dotierungsbereich (5) derart gebildet ist, daß er nur mit einem Abschnitt nahe einer Bodenoberfläche (4a) jedes Grabenabschnittes (4) in Kontakt ist, und die vorbestimmte Übergangsoberfläche an der Bodenoberfläche (4a) des Grabenabschnittes (4) angeordnet ist.

5. Halbleitereinrichtung mit einem Halbleitersubstrat (1) eines ersten Leitungstyps, einer Mehrzahl von Grabenabschnitten (4), die selektiv an einer ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates (1) gebildet sind, einem Leiter (19), der in jedem Grabenabschnitt (4) mit einer ersten Isolierschicht (18) dazwischen eingebettet ist,

einer Mehrzahl von Dotierungsbereichen (5) eines zweiten Leitungstyps, die an einem Bereich zwischen den Grabenabschnitten (4) und an der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates (1) in Kontakt mit zumindest einer von gegenüberliegenden Seiten (4b) von benachbarten Grabenabschnitten (4) gebildet sind und flacher angeordnet sind als der Grabenabschnitt (4), und

einer ersten Elektrodenschicht (9), die auf ersten Hauptoberflächen des Halbleitersubstrates (1) gebildet ist,

bei der die erste Elektrodenschicht (9) und jeder Dotierungsbereich (5) einen ohmschen Kontakt (7b) an der ersten Hauptoberfläche bilden und

jeder Dotierungsbereich (5) eine minimale Dotierungskonzentration an einem Abschnitt nahe der ersten Hauptoberfläche, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht (9) ermöglicht, und eine Dotierungskonzentration, die noch niedriger ist als die minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt ermöglicht, an einem anderen Abschnitt als der Abschnitt nahe der ersten Hauptoberfläche aufweist.

6. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 5, bei der jeder Dotierungsbereich (5) derart gebildet ist, daß er in Kontakt mit gegenüberliegenden Seiten (4b) von benachbarten Grabenabschnitten (4) ist, und die erste Elektrodenschicht (9) und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates (1) einen Schottky-Übergang (7a) an der ersten Hauptoberfläche bilden.

7. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, bei der jeder Dotierungsbereich (5) an beiden Seiten von jedem Grabenbereich (4) derart gebildet ist, daß er in Kontakt mit einer Seite (4b) von jedem Grabenabschnitt (4) ist,

die erste Elektrodenschicht (9) und ein Bereich des ersten Leitungstyps des Halbleitersubstrates (1) einen Schottky-Übergang (7a) an der ersten Hauptoberfläche bilden.

8. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, weiter mit einer zweiten Isolierschicht (20), die an jedem Leiter

(19) gebildet ist und die erste Elektrodenschicht (9) von jedem Leiter (19) elektrisch isoliert, und einem Elektrodenabschnitt (G), der mit jedem Leiter (19) elektrisch verbunden ist.

9. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei der der Dotierungsbereich (5) derart gebildet ist, daß er in Kontakt mit gegenüberliegenden Seiten (4b) von benachbarten Grabenabschnitten (4) ist, und mit einer zweiten Isolierschicht (22), die auf jedem Leiter (19) gebildet ist und die erste Elektrodenschicht (9) von jedem Leiter (19) elektrisch isoliert, und einem Elektrodenabschnitt (G), der mit jedem Leiter (19) elektrisch verbunden ist.

10. Halbleitereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die erste Elektrodenschicht (9) aus Aluminium gebildet ist und

die minimale Dotierungskonzentration, die den ohmschen Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht (9) ermöglicht, $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ beträgt.

11. Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung mit den Schritten:

Bilden einer Mehrzahl von Dotierungsbereichen (5) durch selektives Einführen einer Dotierung eines zweiten Leitungstyps in eine erste Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrates (1) eines ersten Leitungstyps und durch eine Wärmebehandlung,

Bilden eines Schottky-Übergangsabschnittes (7a) an der ersten Hauptoberfläche eines Bereiches des Halbleitersubstrates (1) des ersten Leitungstyps, Bilden eines Grabenabschnittes (4) in jedem Dotierungsbereich (5) durch anisotropes Ätzen und

Bilden einer ersten Elektrodenschicht (9), die in ohmschen Kontakt (7b) mit dem Dotierungsbereich (5) an zumindest der ersten Hauptoberfläche ist, auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates (1).

12. Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 11, weiter mit einem Schritt des Einbetrens eines Isolators (27) in jeden Grabenabschnitt (4).

13. Herstellungsverfahren einer Halbleitereinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei der Aluminium für die erste Elektrodenschicht (9) verwendet wird und

der Dotierungsbereich (5) derart gebildet wird, daß der Dotierungsbereich (5) eine Dotierungskonzentration von $1 \times 10^{16} - 1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ nahe einer Übergangsoberfläche mit der ersten Elektrodenschicht (9) aufweist.

Hierzu 31 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

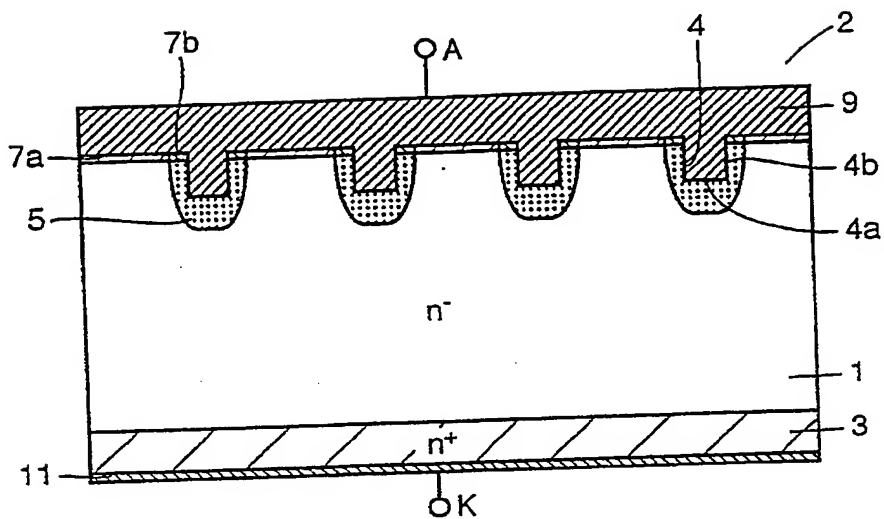


FIG. 2

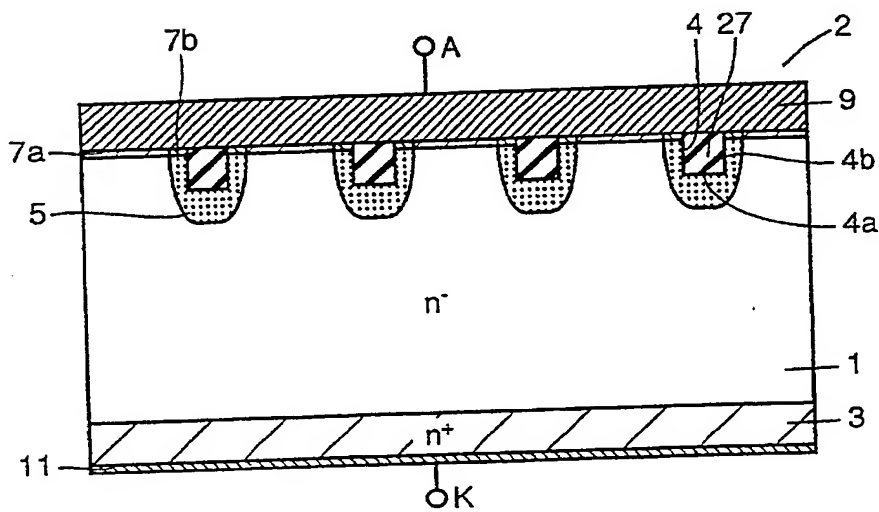


FIG. 3

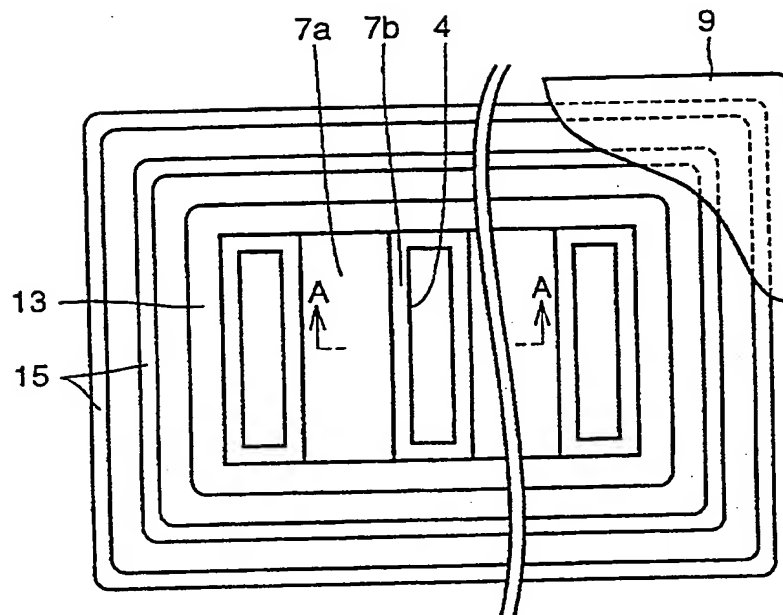


FIG. 4

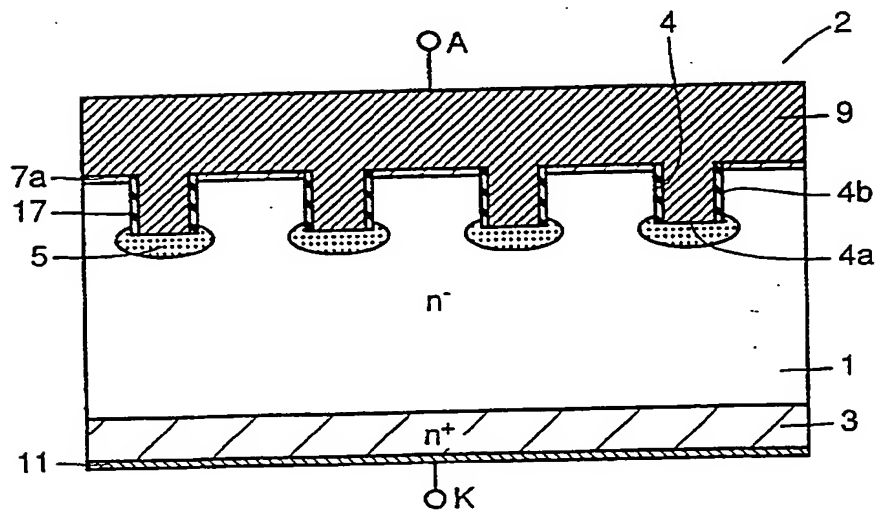


FIG. 5

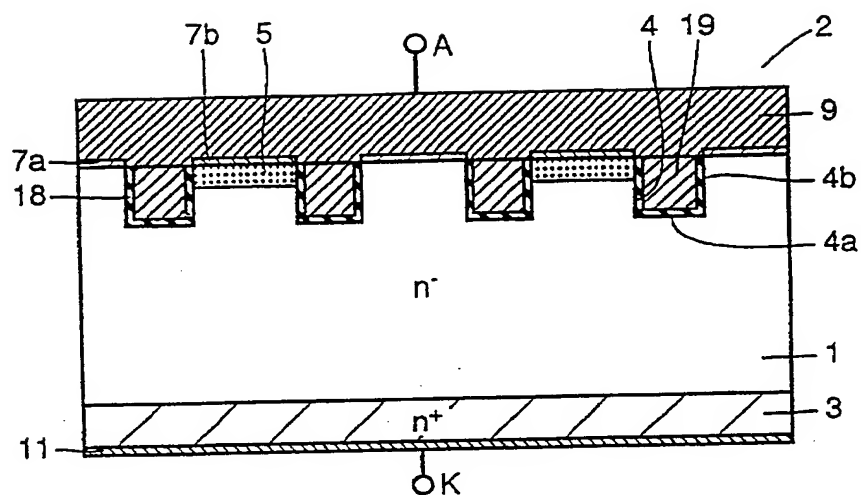


FIG. 6

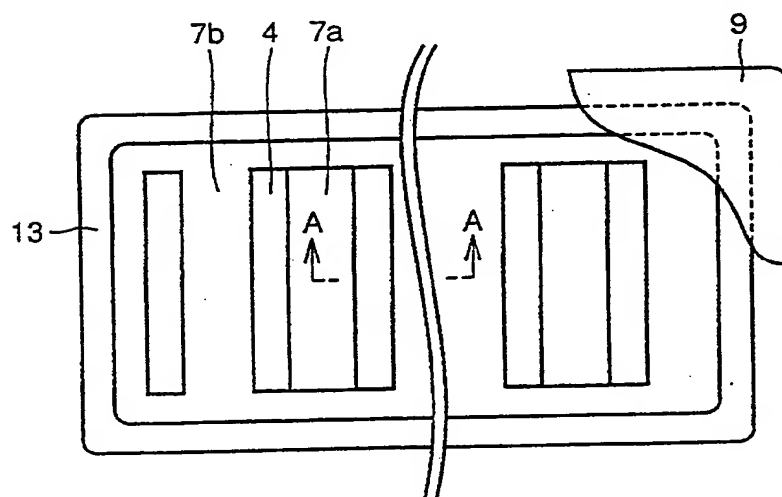


FIG. 7

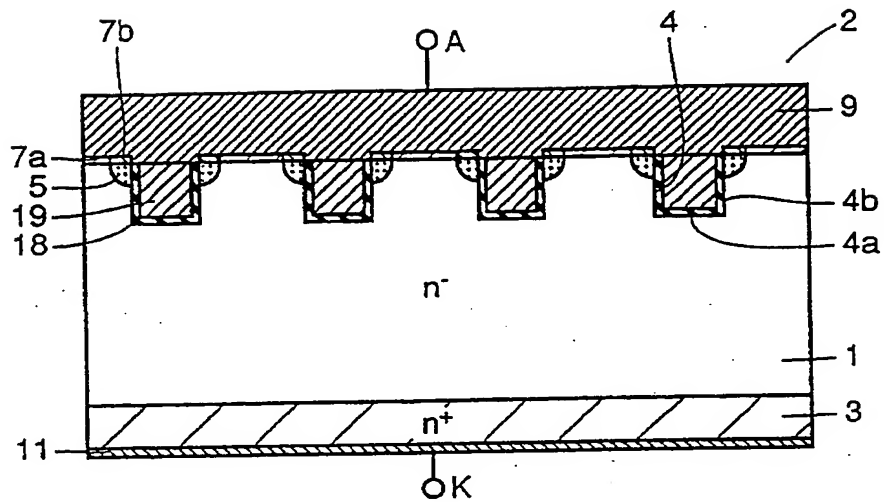


FIG. 8

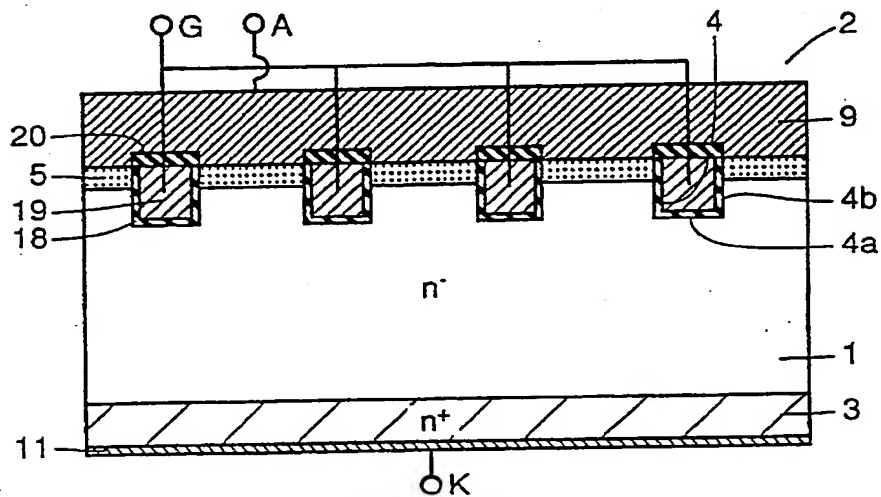


FIG. 9

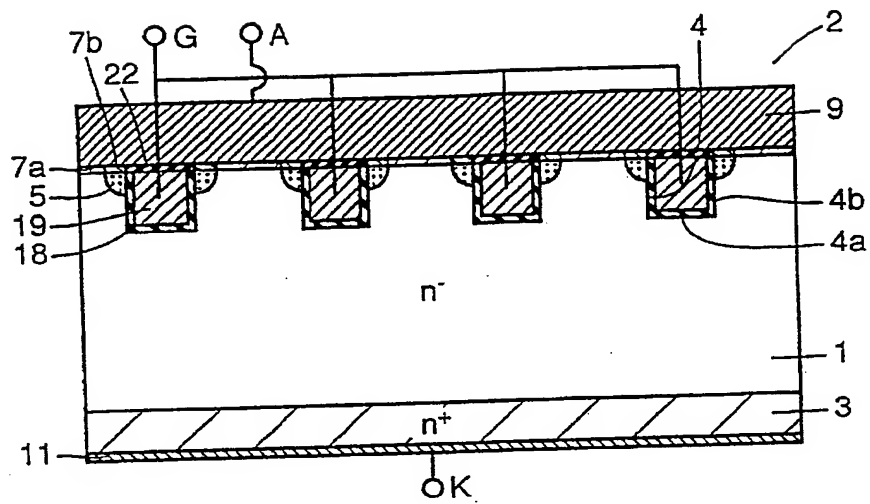


FIG. 10

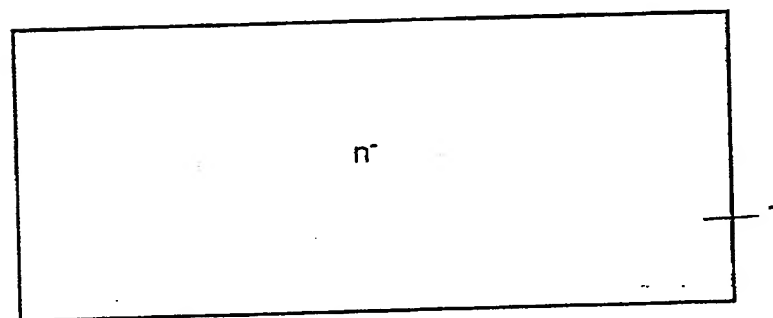


FIG. 11

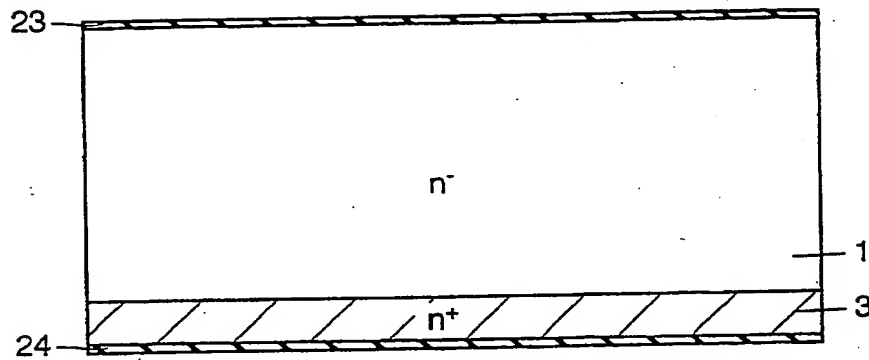


FIG. 12

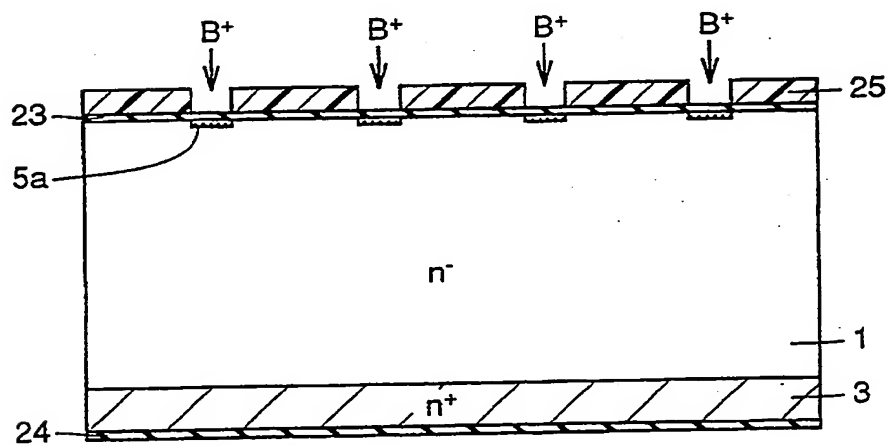


FIG. 13

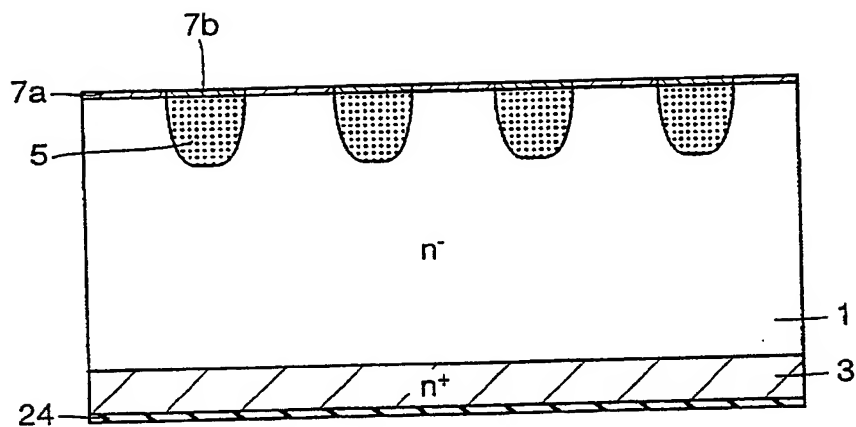


FIG. 14

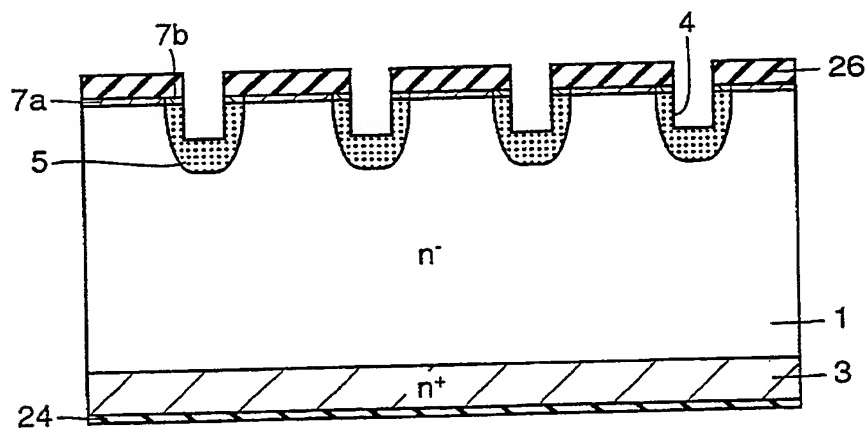


FIG. 15

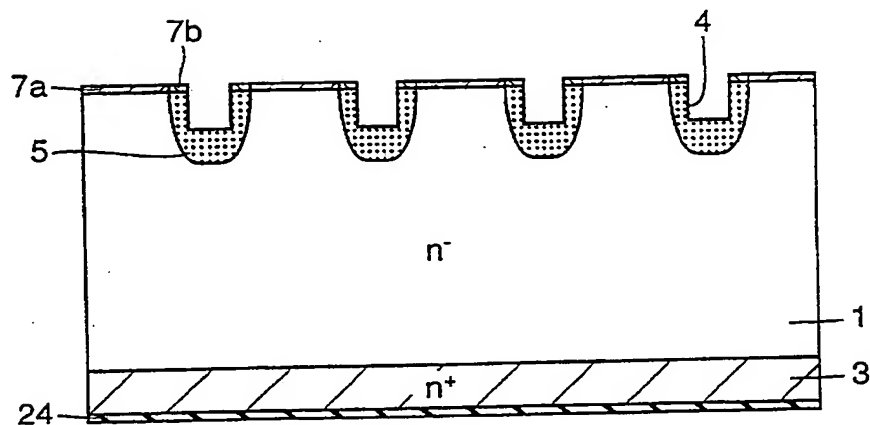


FIG. 16

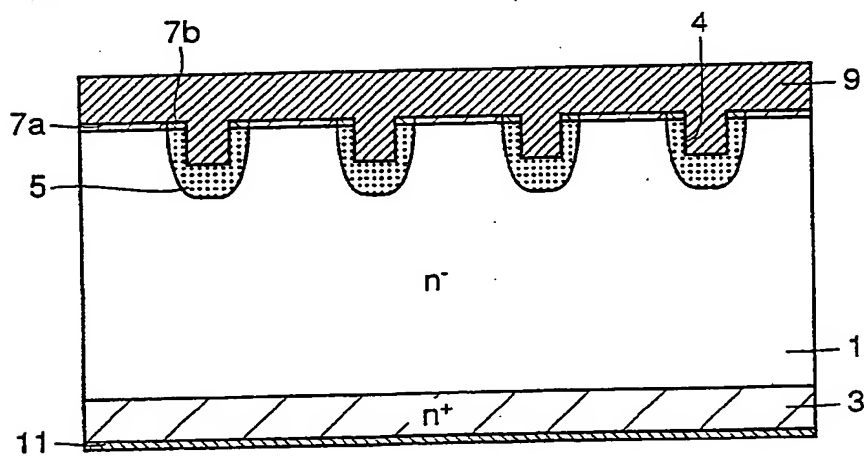


FIG. 17

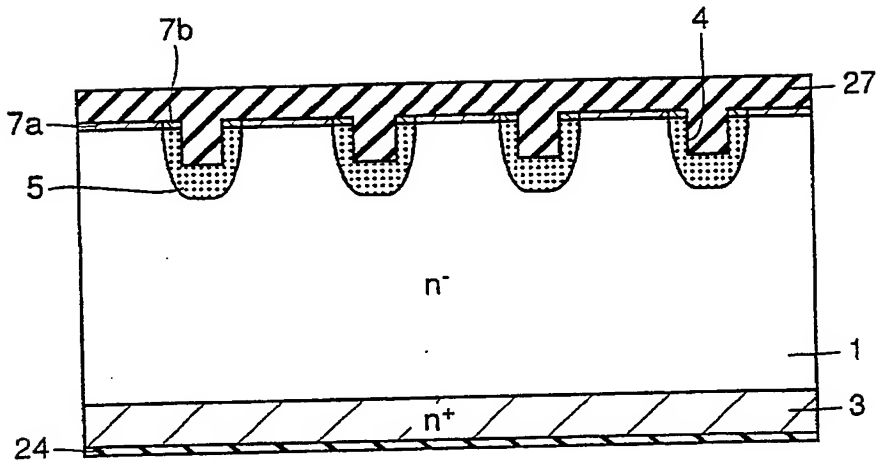


FIG. 18

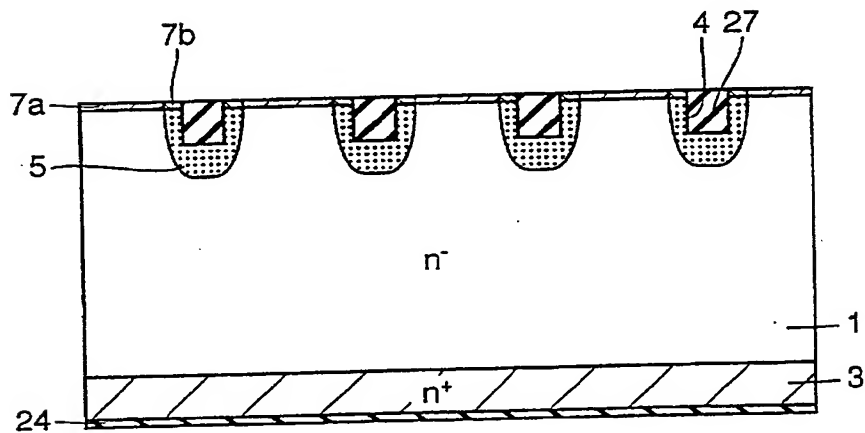


FIG. 19

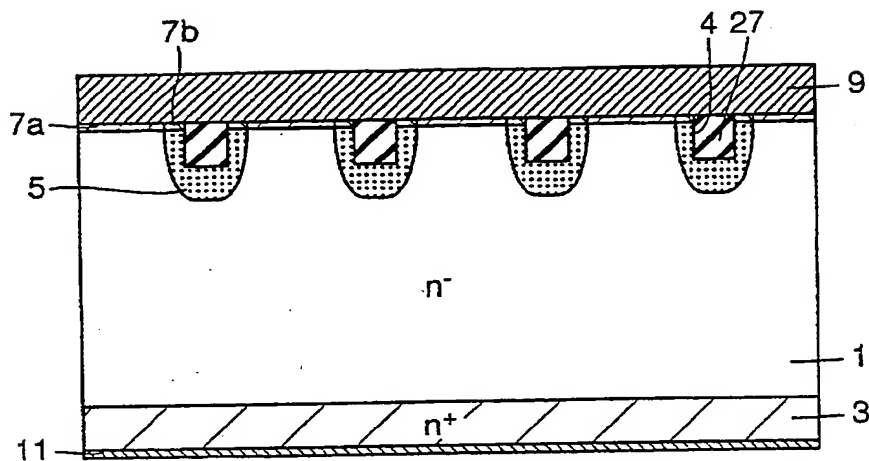


FIG. 20

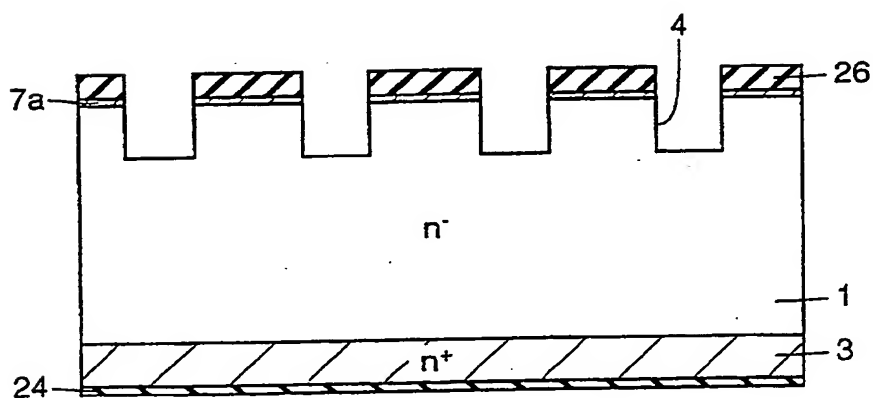


FIG. 21

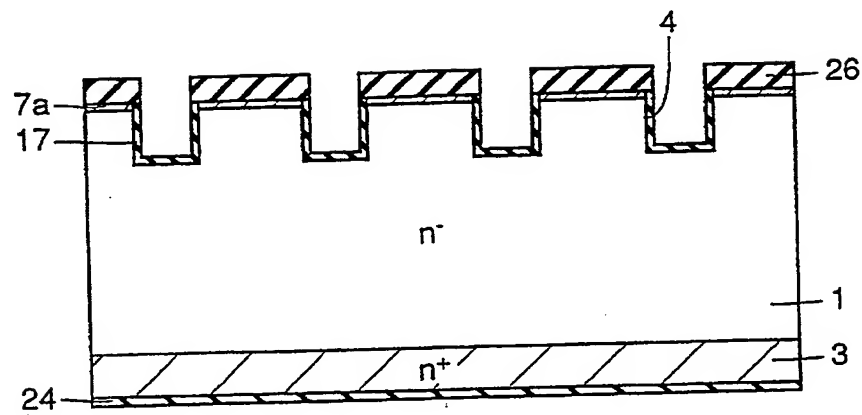


FIG. 22

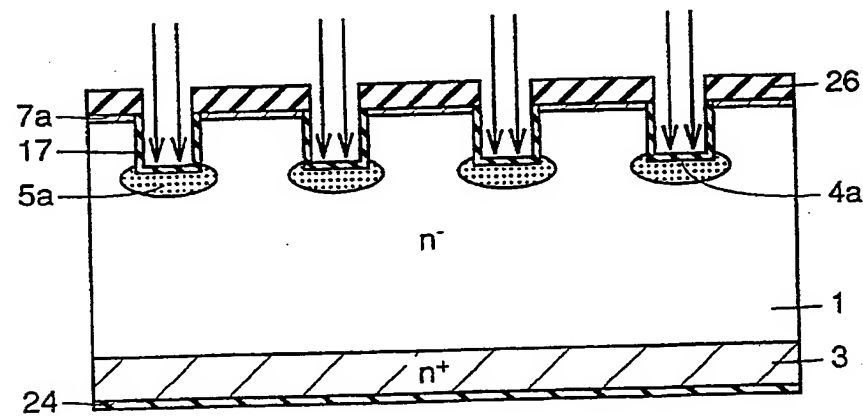


FIG. 23

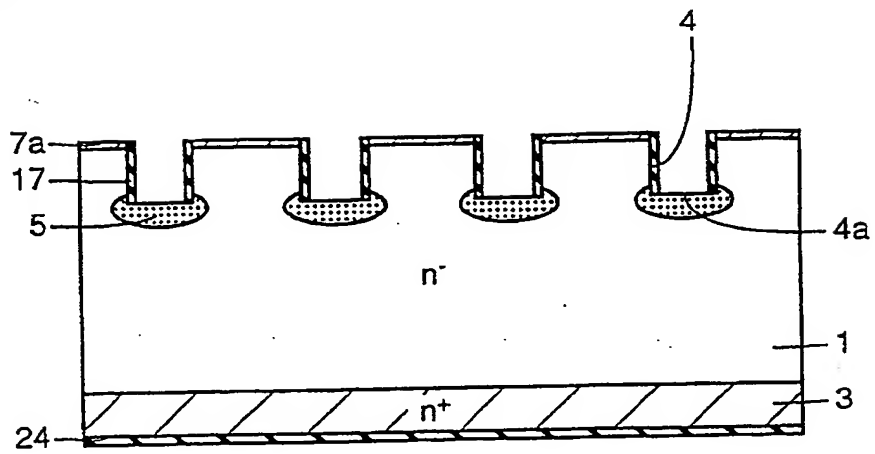


FIG. 24

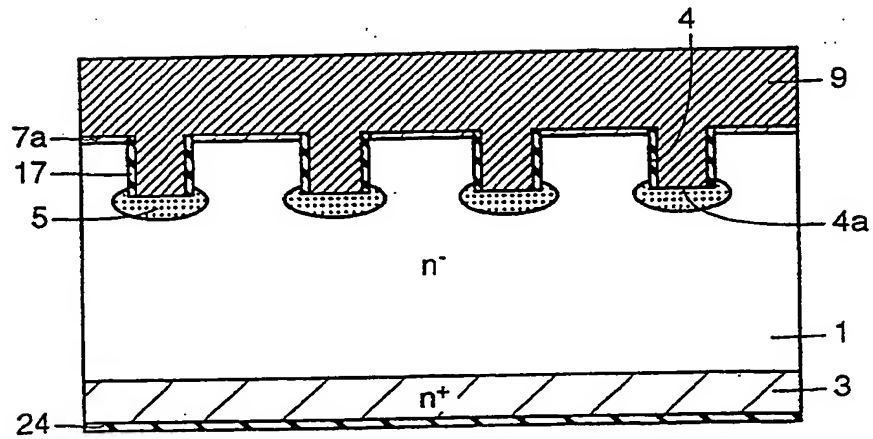


FIG. 25

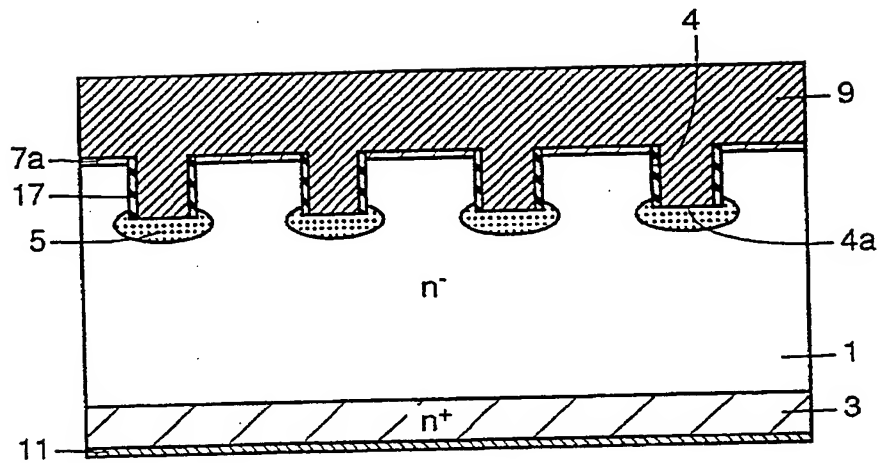


FIG. 26

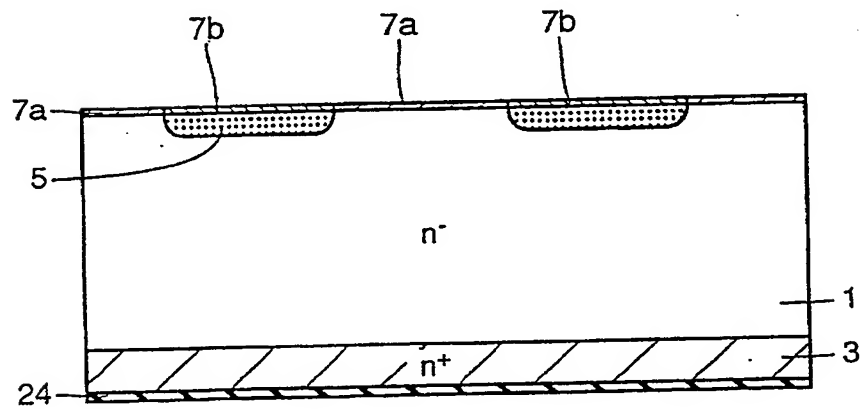


FIG. 27

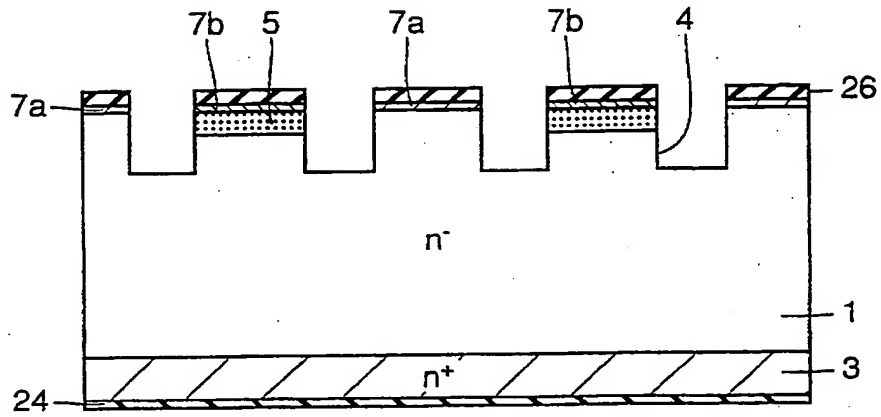


FIG. 28

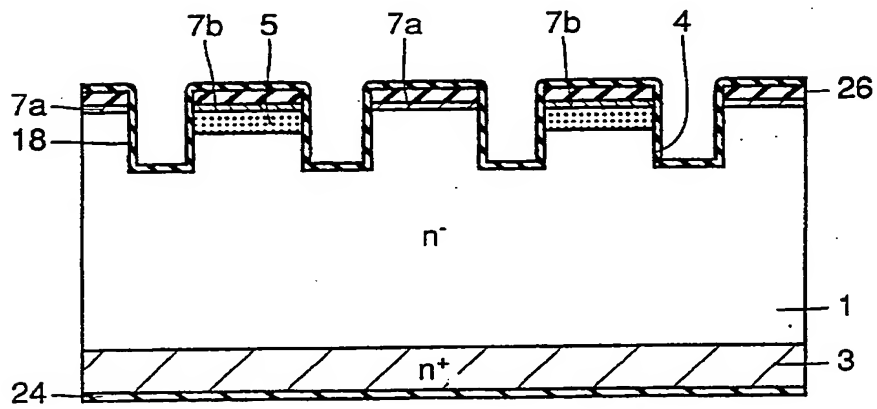


FIG. 29

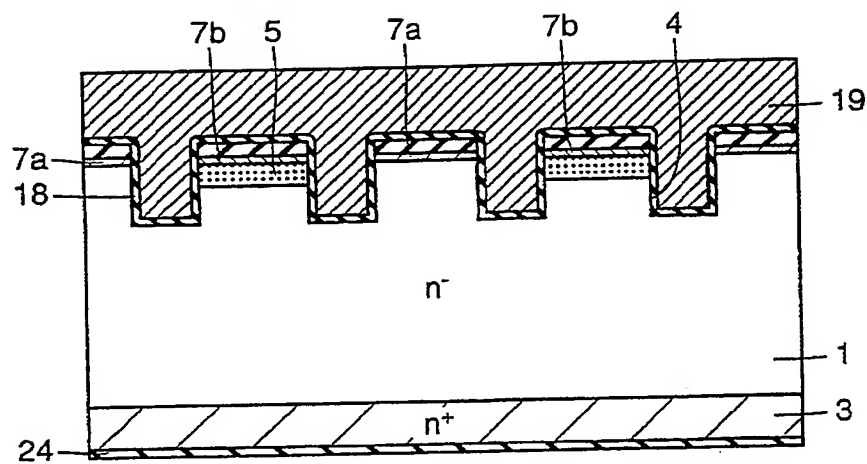


FIG. 30

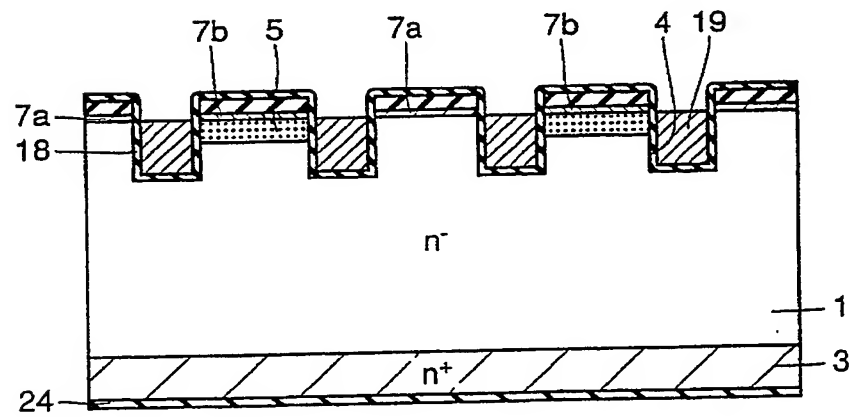


FIG. 31

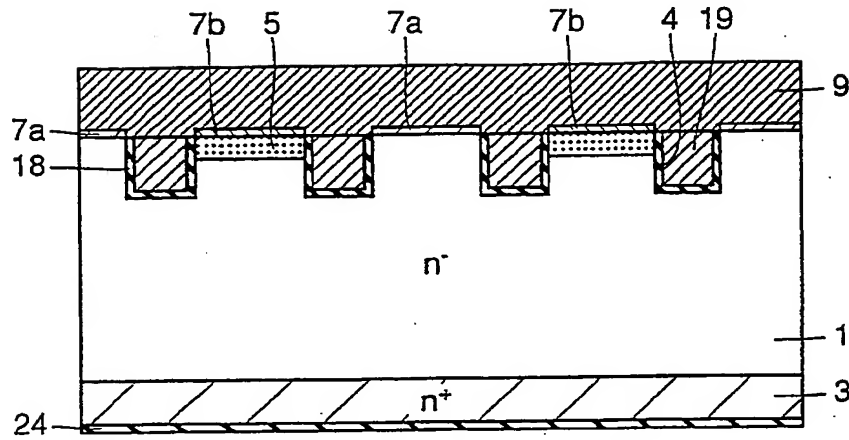


FIG. 32

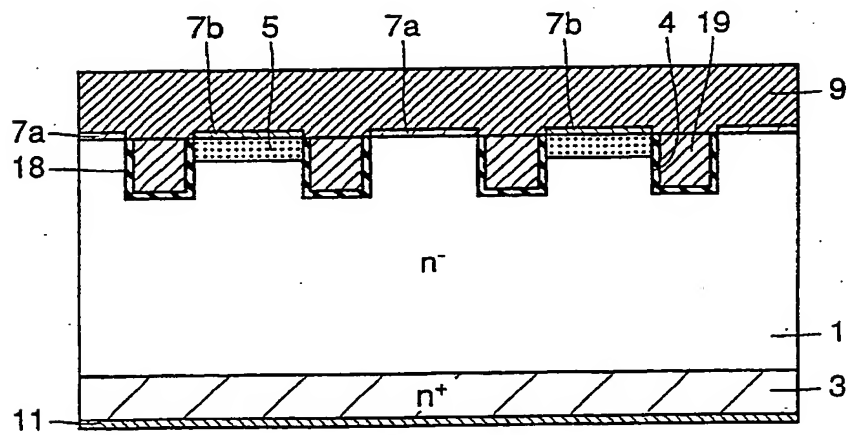


FIG. 33

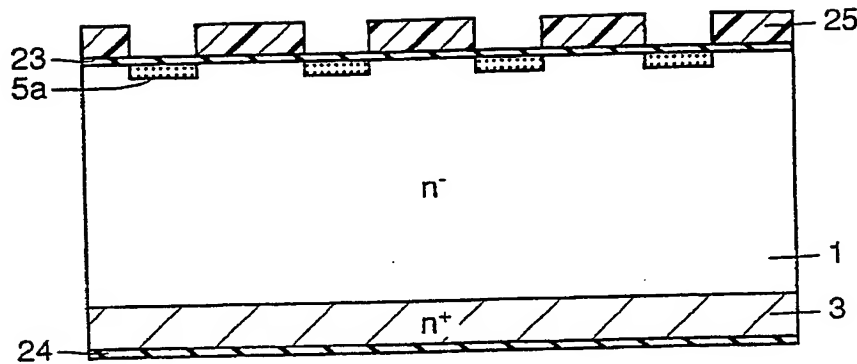


FIG. 34

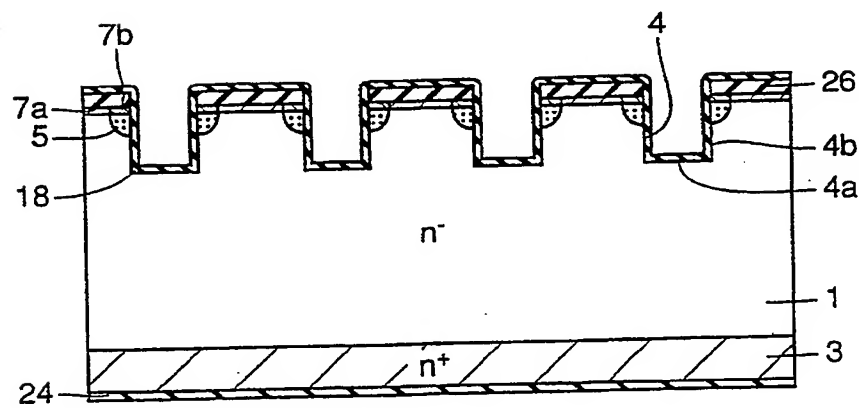


FIG. 35

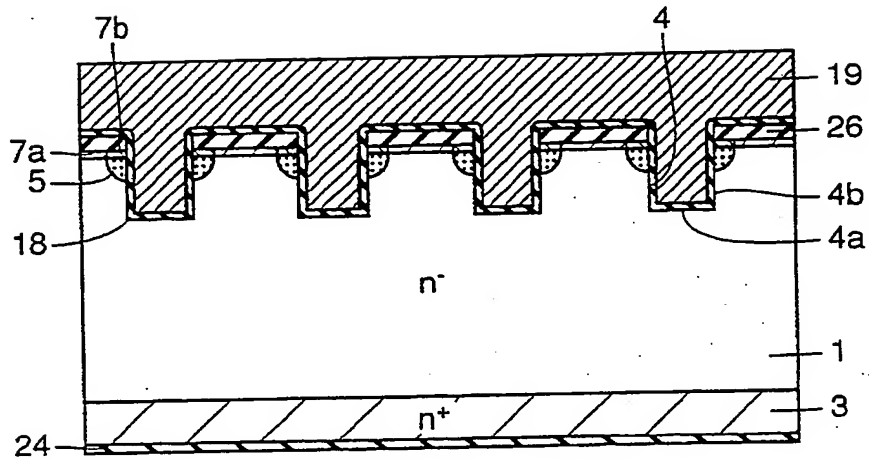


FIG. 36

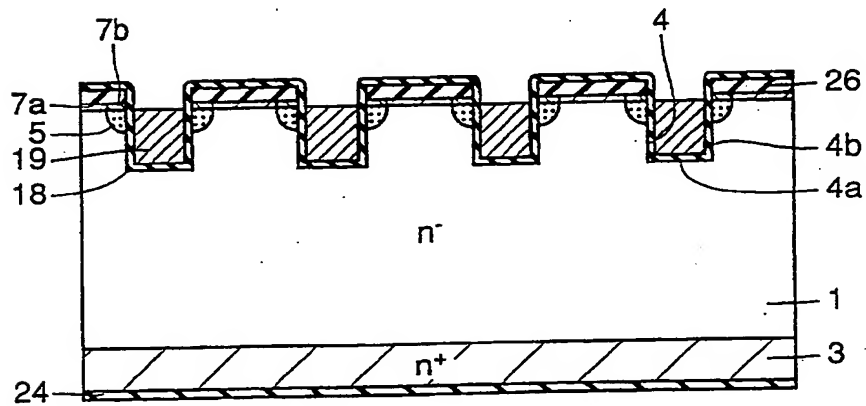


FIG. 37

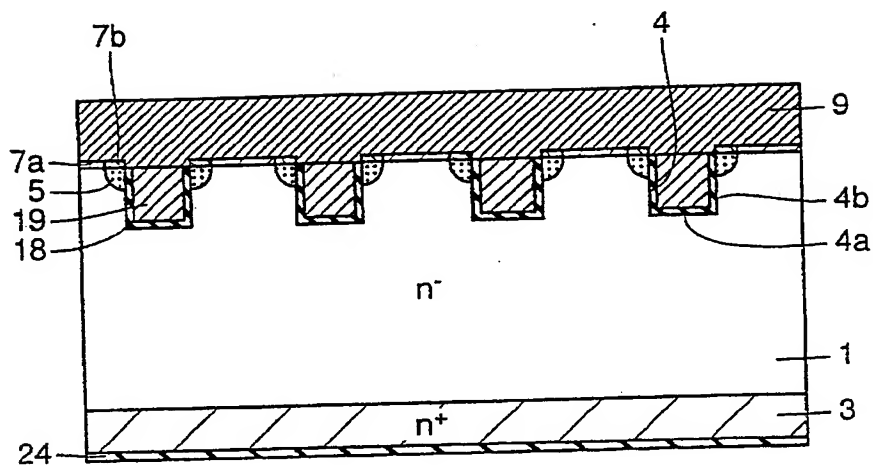


FIG. 38

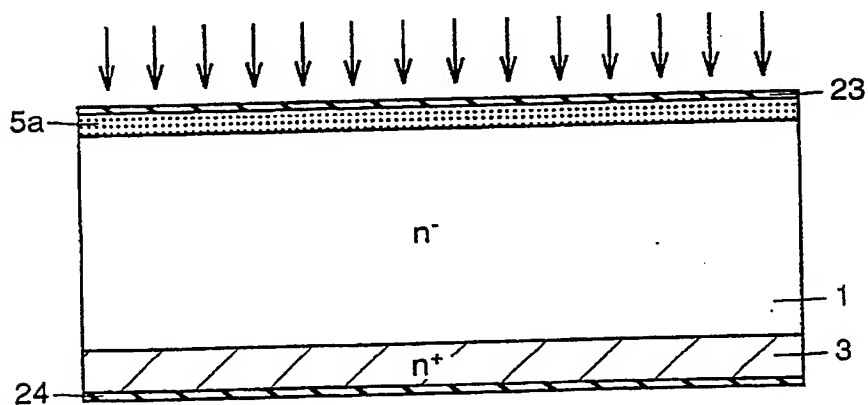


FIG. 39

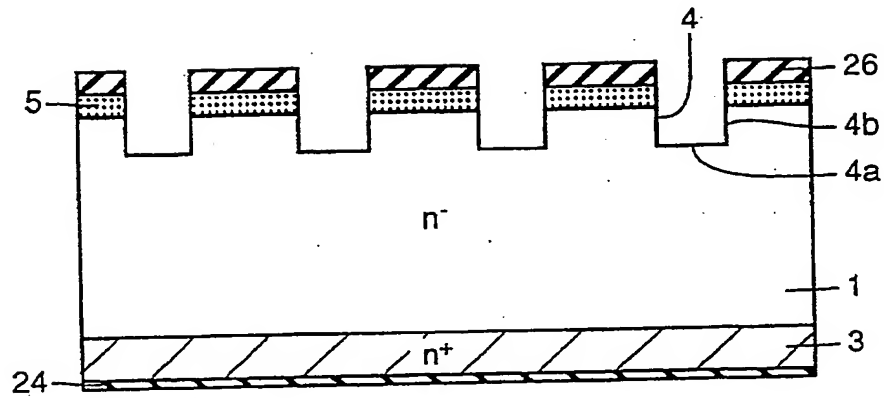


FIG. 40

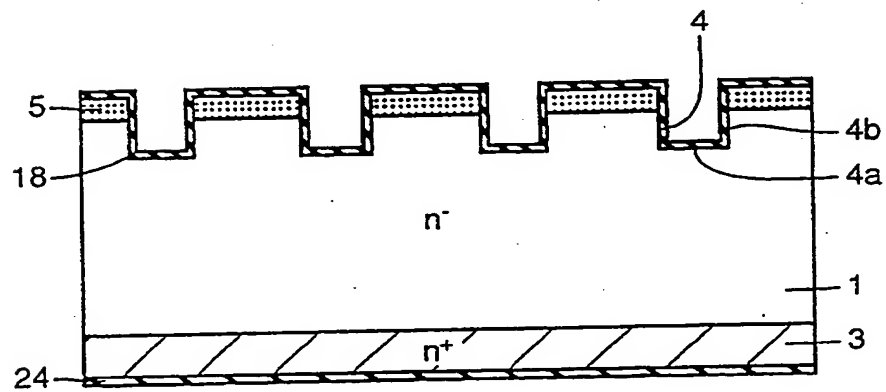


FIG. 41

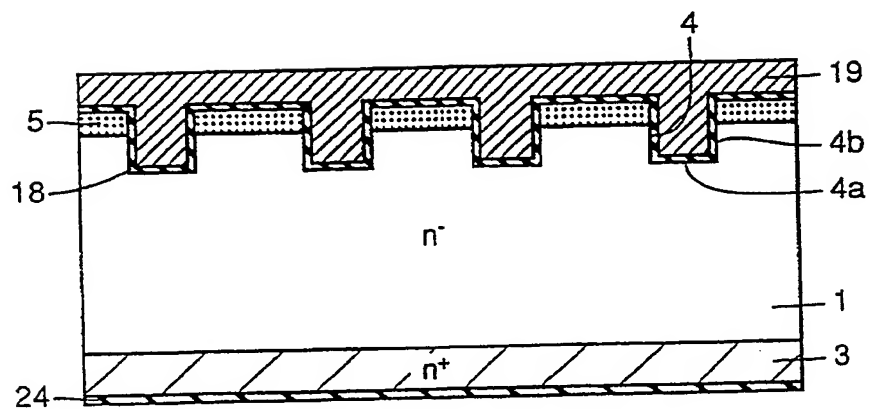


FIG. 42

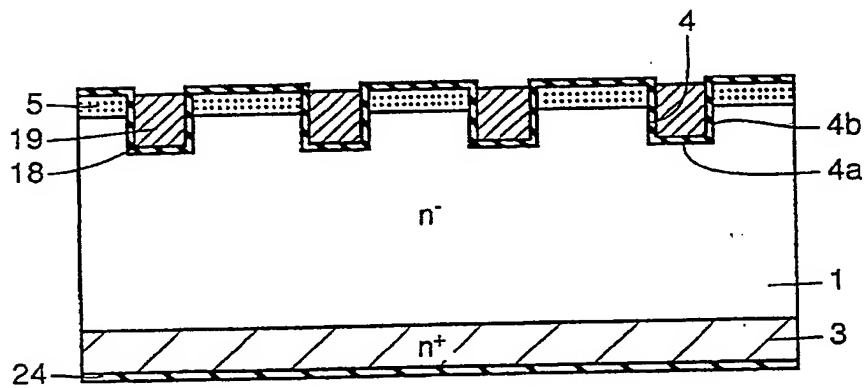


FIG. 43

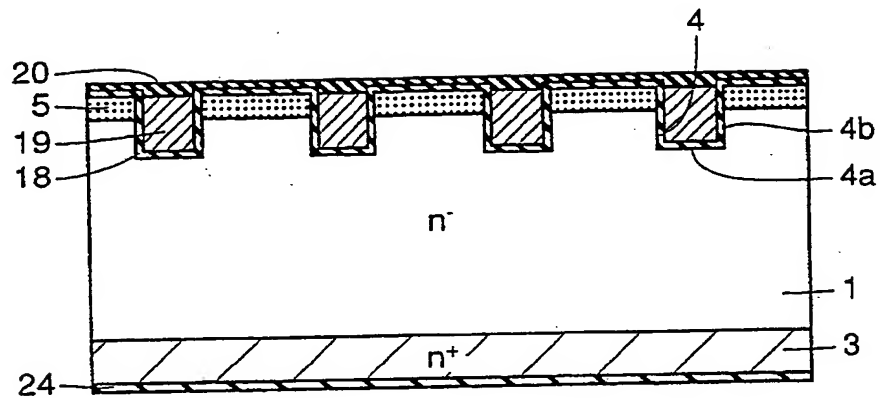


FIG. 44

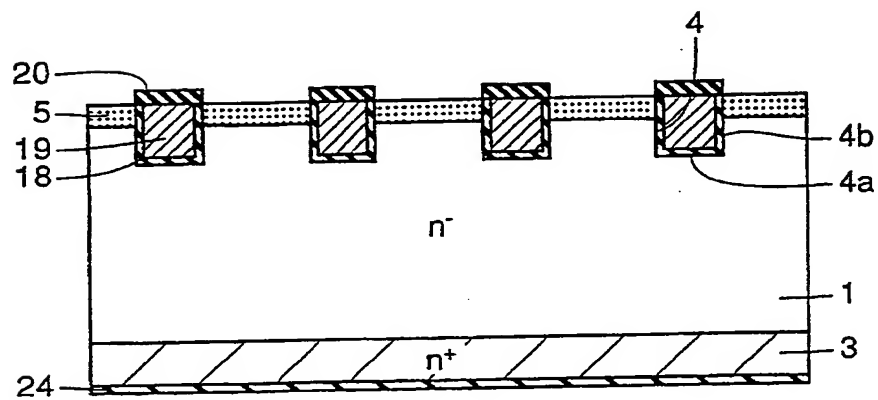


FIG. 45

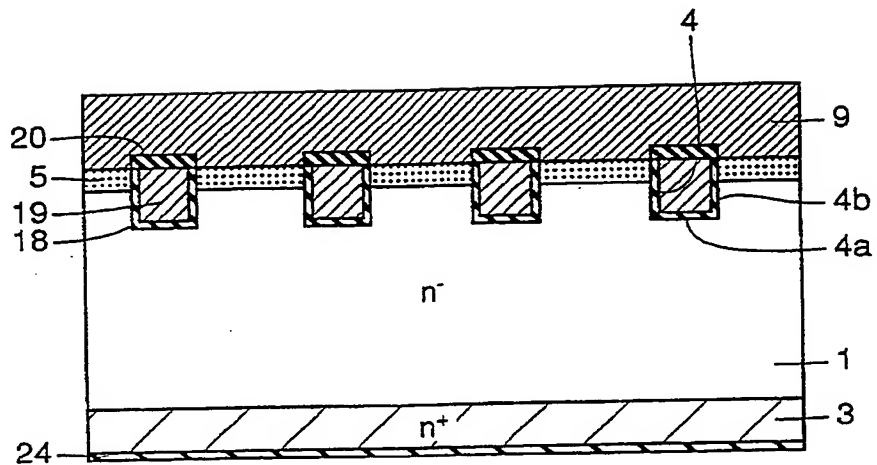


FIG. 46

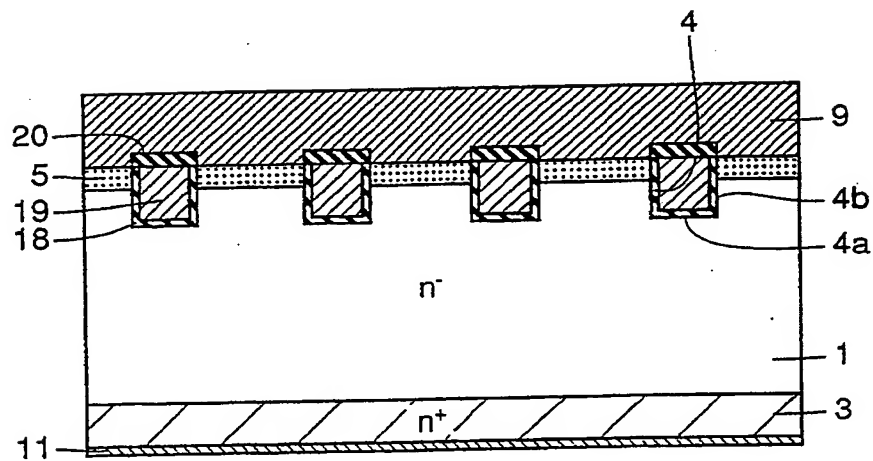


FIG. 47

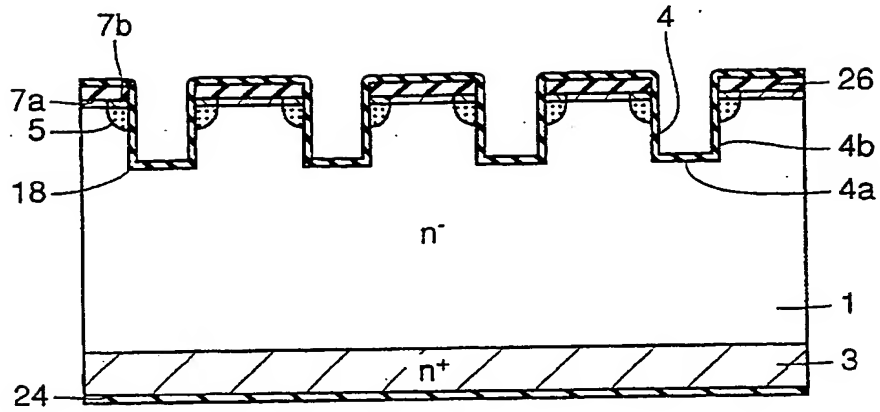


FIG. 48

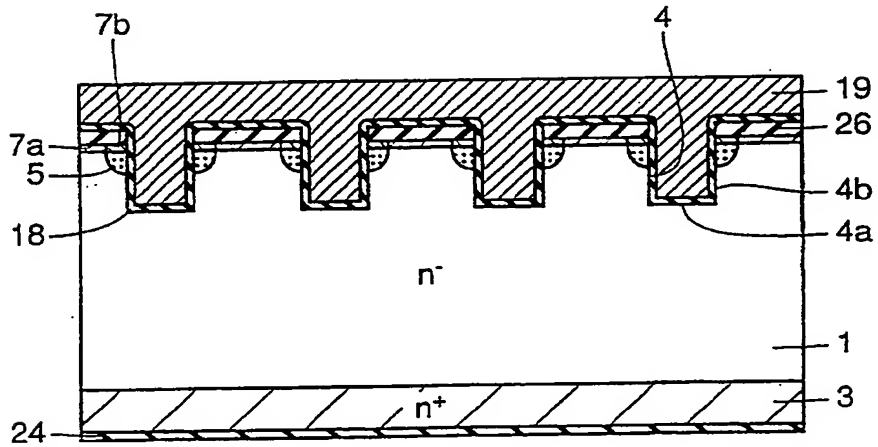


FIG. 49

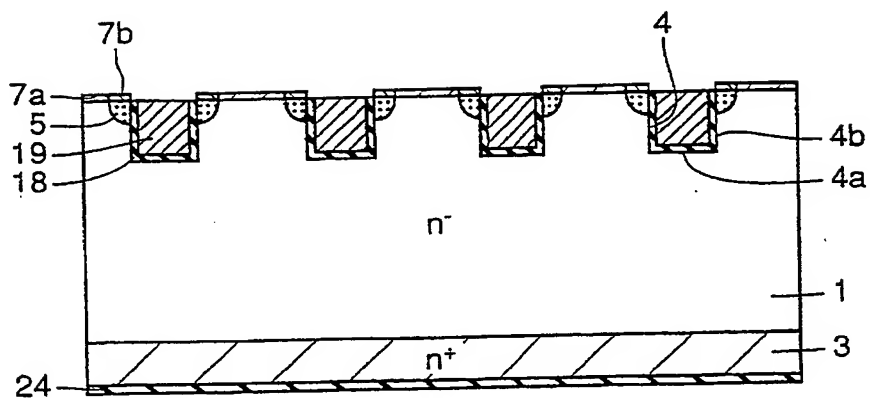


FIG. 50

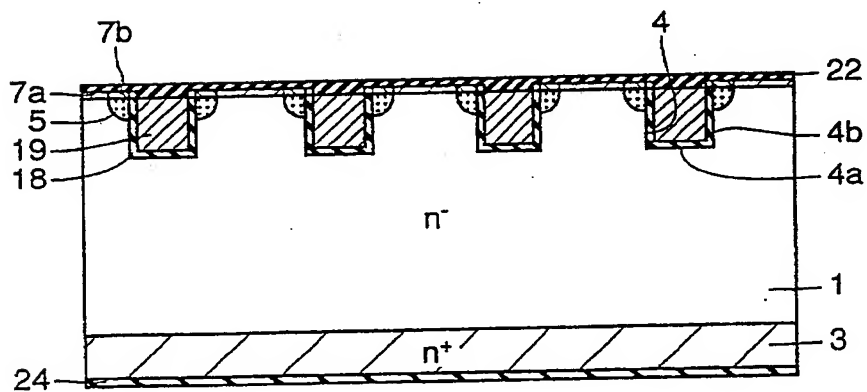


FIG. 51

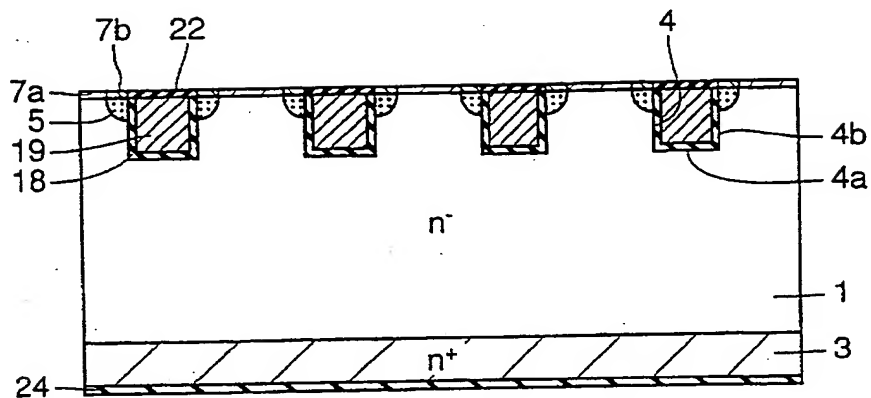


FIG. 52

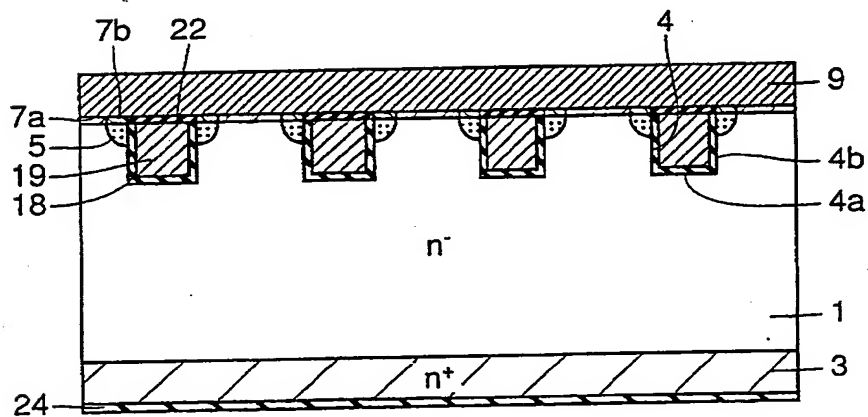


FIG. 53

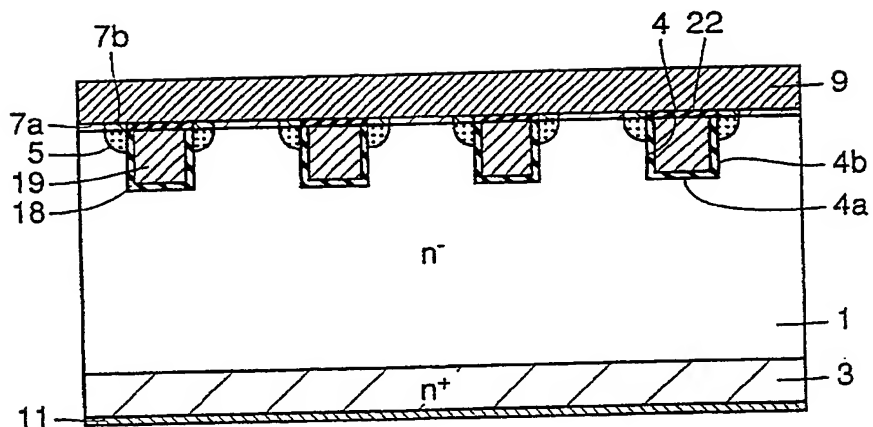


FIG. 54

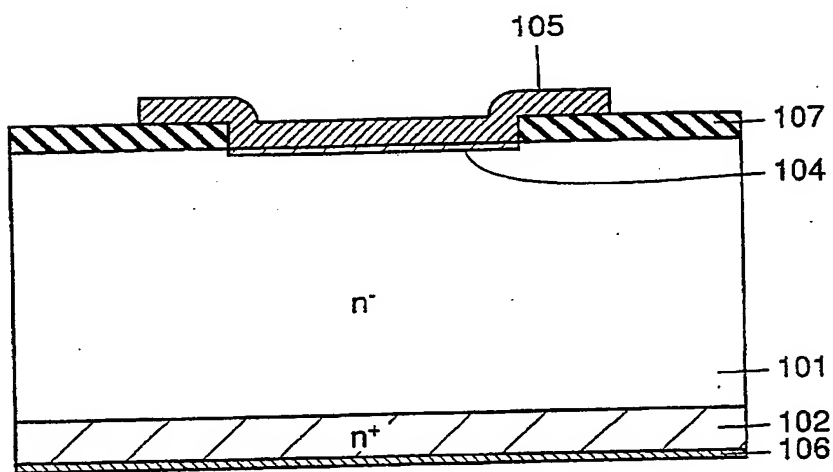


FIG. 55

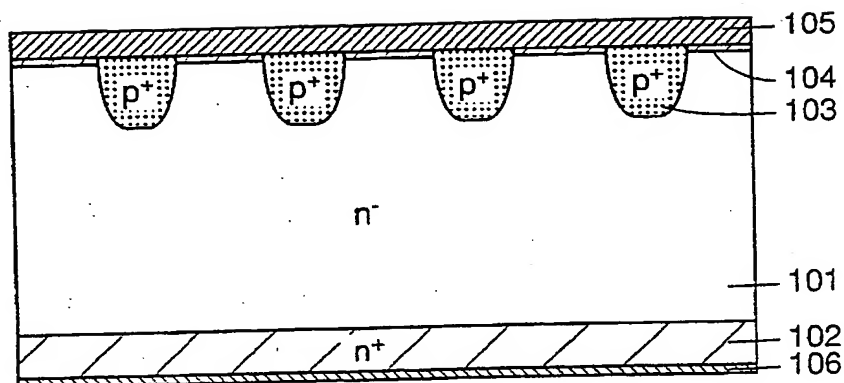


FIG. 56

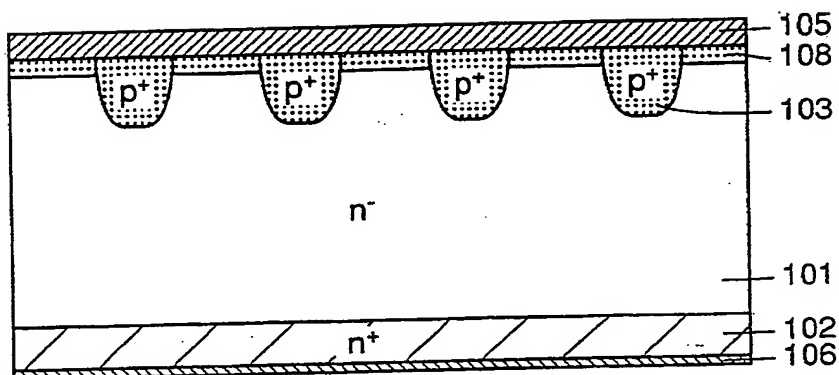


FIG. 57

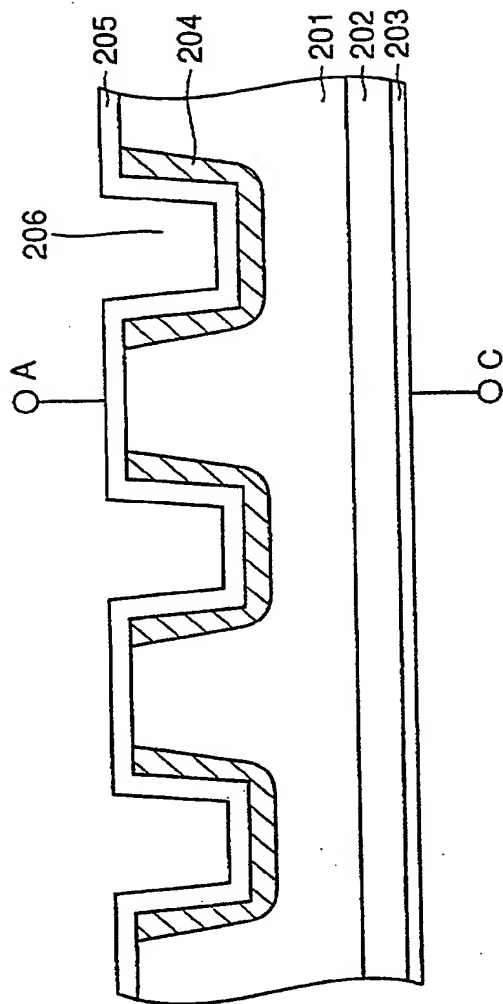


FIG. 58

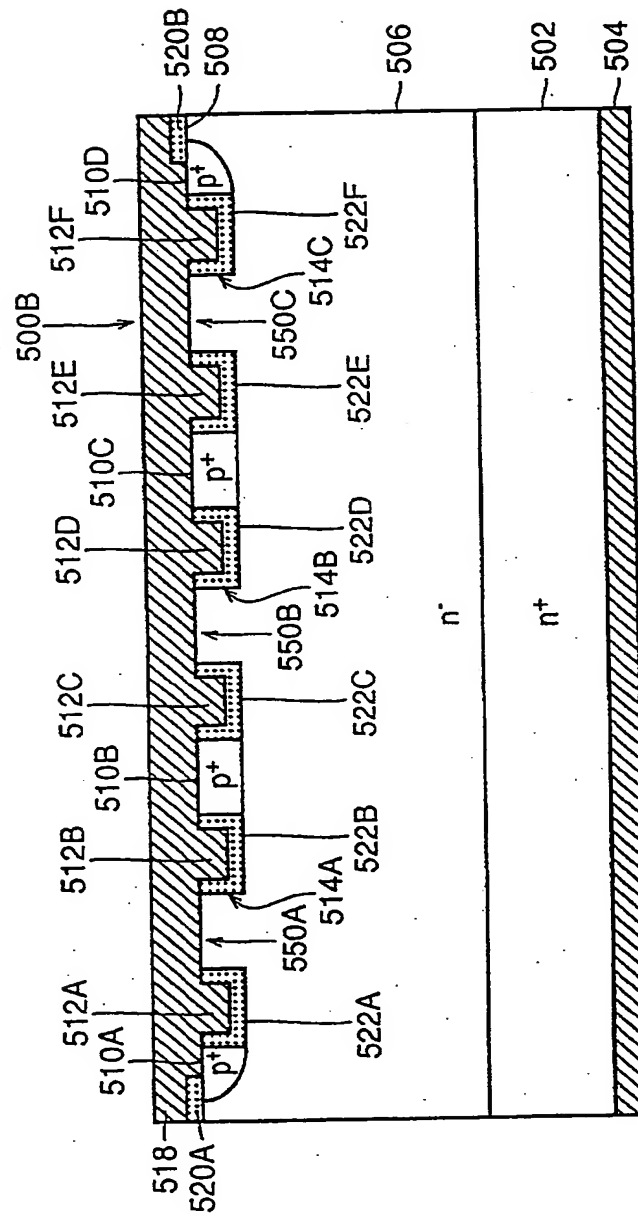


FIG. 59

